

PATENT COOPERATION TREATY

10/07 2455

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF THE RECORDING OF A CHANGE

(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

To:

BASELL POLYOLEFINE GMBH
Intellectual Property
Carl-Bosch-Strasse 38, F 206
67056 Ludwigshafen
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 05 July 2002 (05.07.02)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference 0050/050544	
International application No. PCT/EP00/07442	International filing date (day/month/year) 01 August 2000 (01.08.00)

1. The following indications appeared on record concerning:		
<input checked="" type="checkbox"/> the applicant	<input type="checkbox"/> the inventor	<input type="checkbox"/> the agent <input type="checkbox"/> the common representative
Name and Address BASF AKTIENGESELLSCHAFT 67056 Ludwigshafen Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	
2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:		
<input checked="" type="checkbox"/> the person	<input type="checkbox"/> the name	<input type="checkbox"/> the address <input type="checkbox"/> the nationality <input type="checkbox"/> the residence
Name and Address BASELL POLYOLEFINE GMBH Am Yachthafen 2 77694 Kehl Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	
3. Further observations, if necessary:		
4. A copy of this notification has been sent to:		
<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input type="checkbox"/> the designated Offices concerned	
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned	
<input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:	

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Elisabeth KÖNIG
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

BASELL POLYOLEFINE GMBH
Intellectual Property
Carl-Bosch-Strasse 38, F 206
67056 Ludwigshafen
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 30 January 2002 (30.01.02)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference 0050/050544	
International application No. PCT/EP00/07442	International filing date (day/month/year) 01 August 2000 (01.08.00)

1. The following indications appeared on record concerning:		
<input type="checkbox"/> the applicant	<input type="checkbox"/> the inventor	<input type="checkbox"/> the agent <input checked="" type="checkbox"/> the common representative
Name and Address BASF AKTIENGESELLSCHAFT 67056 Ludwigshafen Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No. 0621/60-78916	
	Facsimile No. 0621/60-43123	
	Teleprinter No.	
2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:		
<input checked="" type="checkbox"/> the person	<input type="checkbox"/> the name	<input type="checkbox"/> the address <input type="checkbox"/> the nationality <input type="checkbox"/> the residence
Name and Address BASELL POLYOLEFINE GMBH Intellectual Property Carl-Bosch-Strasse 38, F 206 67056 Ludwigshafen Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No. 49 621 60-43630	
	Facsimile No. 49 621/60-99447	
	Teleprinter No.	
3. Further observations, if necessary: Please note the change of name in the address of correspondence as well.		
4. A copy of this notification has been sent to:		
<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input type="checkbox"/> the designated Offices concerned	
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned	
<input checked="" type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:	

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Athina NICKITAS-ETIENNE
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 10 May 2001 (10.05.01)	
International application No. PCT/EP00/07442	Applicant's or agent's file reference 0050/050544
International filing date (day/month/year) 01 August 2000 (01.08.00)	Priority date (day/month/year) 13 August 1999 (13.08.99)
Applicant MIHAN, Shahram et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

08 January 2001 (08.01.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:
2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Charlotte ENGER Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT FÜR DAS GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 0050/050544	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/ 07442	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 01/08/2000
(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 13/08/1999	
Anmelder BASF AKTIENGESELLSCHAFT	

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

MONOCYCLOPENTADIENYLKOMPLEXE VON CHROM, MOLYBDÄN ODER WOLFRAM MIT EINER DONORBRÜCKE

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgend Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. —

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C07F17/00 C08F10/02 C08F10/00 C08F4/60 B01J31/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C07F C08F B01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

CHEM ABS Data, EP0-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 742 046 A (HOECHST AG) 13. November 1996 (1996-11-13) in der Anmeldung erwähnt Seite 5 -Seite 7	1,2,8, 12-14
X	MISE, TAKAYA ET AL: "Preparation and structure of the first ansa-molybdenocene and tungstenocene derivatives. Reaction of 'O(SiMe ₂ C ₅ H ₄) ₂ MoH ₂ with methyl methacrylate to probe the olefin attacking site" J. ORGANOMET. CHEM., Bd. 473, Nr. 1-2, 1994, Seiten 155-162, XP002150579 Seite 156	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Oktober 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bader, K

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	DOEHRING, A. ET AL: "Donor-Ligand-Substituted Cyclopentadienylchromium(III) Complexes: A New Class of Alkene Polymerization Catalyst. 1. Amino-Substituted Systems" ORGANOMETALLICS, Bd. 19, Nr. 4, 2000, Seiten 388-402, XP002150580 Seite 391 -----	1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

EP 00/07442

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0742046	A	13-11-1996	DE 19516801 A	14-11-1996
			BR 9602180 A	07-04-1998
			CA 2175968 A	09-11-1996
			JP 8301890 A	19-11-1996
			US 5808122 A	15-09-1998
<hr/>				

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 20 NOV 2001

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

T16



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 0050/050544	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/07442	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 01/08/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 13/08/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK C07F17/00		
Anmelder BASF AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 2 Blätter.

- Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 08/01/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 16.11.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Masson, J-P Tel. Nr. +49 89 2399 8728 

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-41 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

2 (Teil), 3-7, ursprüngliche Fassung
8 (Teil)

1, 2 (Teil), 8 (Teil), mit Telefax vom 12/09/2001
9-12

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
 - ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung; (nach Regel 48.3(b)).
 - ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).
3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:
- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
 - ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
 - ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
 - ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
 - ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
 - ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.
4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/07442

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☒ Ansprüche, Nr.: 13, 14
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-12
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-12
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-12
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Zu Punkt V

Die folgenden im internationalen Recherchenbericht angegebenen Dokumente wurden für die Prüfung der vorliegenden Anmeldung als relevant betrachtet. Ihre Numerierung wird während des ganzen Verfahrens beibehalten :

D1: EP-A-0 742 046 (HOECHST AG) 13. November 1996 (1996-11-13) in der Anmeldung erwähnt

D2: J. ORGANOMET. CHEM., Bd. 473, Nr. 1-2, 1994, Seiten 155-162

D3: ORGANOMETALLICS, Bd. 19, Nr. 4, 2000, Seiten 388-402

I. Neuheit

I.1 Das Dokument D1 offenbart Organometallkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram, die eine mit einer Donorfunktion verbrückte Cyclopentadienylgruppe als Ligand tragen, wobei die Donorfunktion eine andere Cyclopentadienylgruppe oder ein anderer anionischer Elektronendonator wie eine Oxo- (O), Phosphido- (PR), Sulfido- (S) oder Amidogruppe (NR) sein kann.

Das Dokument D2 offenbart verbrückte Bis(cyclopentadienyl)derivate von Molybdän und Wolfram, in denen die Verbrückung zwischen den beiden Cyclopentadienylringen in einer 1,1,3,3-Tetramethyldisiloxan-1,3-diyl-Gruppe ($-\text{Me}_2\text{Si}-\text{O}-\text{SiMe}_2-$) besteht.

Von all diesen Verbindungen unterscheidet sich der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemäß Ansprüchen 1-7 dadurch, daß die erfindungsgemäßen Monocyclopentadienylkomplexe eine rigide Verbrückung zwischen einer Cyclopentadienylgruppe und einer Donorfunktion enthalten, welche eine neutrale funktionelle Gruppe ist, enthaltend ein Element der 15. oder 16. Gruppe des Periodensystems. **Daher kann die Neuheit des Gegenstandes der Ansprüche 1-7 gegenüber D1 und D2 anerkannt werden.**

Folglich ist das Verfahren zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen durch Verwendung der erfindungsgemäßen Verbindungen gemäß Anspruch 1 auch als neu zu betrachten. **Somit kann der Gegenstand der Ansprüche 8-12 auch als**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

n u g genüb r dem Inhalt von D1 und D2 rachtet w rd n.

- I.2 Da das Dokument D3 nach dem Prioritätsdatum (13.08.99) der vorliegenden Anmeldung veröffentlicht wurde (21.01.00), wird besagtes Dokument nicht als Stand der Technik unter Regel 64(1) PCT betrachtet.

Im Rahmen eines eventuellen regionalen europäischen Verfahren wäre dieses Dokument auch nicht als Stand der Technik unter Art. 54(2) & 54(3) EPÜ anzusehen, da der beanspruchte Prioritätsrecht der vorliegenden Anmeldung als gültig erachtet wird.

- I.3 Zusammenfassend ist festzustellen, daß die neuen Ansprüche 1-12 den Anforderungen des Art. 33(2) PCT entsprechen.

II. Erfinderische Tätigkeit

Das Dokument D1, das als nächstliegender Stand der Technik angesehen wird, offenbart Cyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram, wobei der Ligand eine Donorfunktion enthält, die mit einem Cyclopentadienylring verbrückt ist und in einer zweiten Cyclopentadienylgruppe oder einem anderen Elektronendonator wie einer Oxo- (O), Phosphido- (PR), Sulfido- (S) oder Amidogruppe (NR), besteht.

Die von der Anmeldung zu lösende Aufgabe kann so angesehen werden, neue effiziente Katalysatorsysteme für die Olefinpolymerisation bereitzustellen.

Die in der Anmeldung für die obengenannte Aufgabe vorgeschlagene Lösung besteht darin, Monocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän und Wolfram herzustellen, wobei die Liganden eine rigide Verbrückung zwischen einer Cyclopentadienylgruppe und einer neutralen Donorfunktion enthalten.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**Da k in D kument aus d m Stand der T chnik di s L sung nah l gt, b ruht
der Gegenstand der Ansprüche 1-12 auf einer erfinderischen Tätigkeit und
entspricht somit den Anforderungen des Art. 33(3) PCT.**

Zu Punkt VII

1. Beim Eintreten ins regionale Europäische Verfahren sollte das Dokument D2 in der Beschreibung erwähnt und kurz diskutiert werden (Regel 27(1b) EPÜ).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

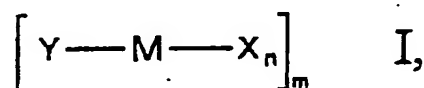
12-09-2001

EP0007442

42

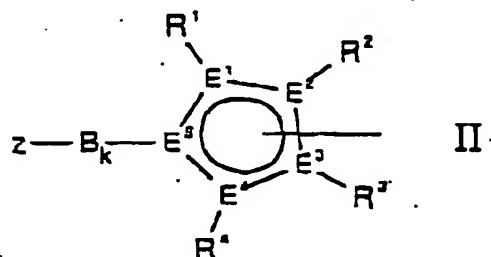
Patentansprüche

1. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluo-
 5 renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram, wobei mindestens einer der Substituenten am Cyclopentadienylring eine rigide, nicht nur ausschließlich über sp^3 hybridisierte Kohlenstoff- oder Silizium-Atome gebundene Donorfunktion trägt, die eine neutrale funktionelle
 10 Gruppe ist, enthaltend ein Element der 15. oder 16. Gruppe des Periodensystems.
2. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluo-
 15 renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 1, der allgemeinen Formel I



20 worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

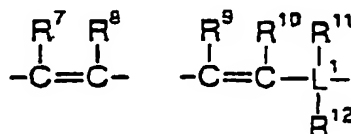
M Chrom, Molybdän oder Wolfram
 Y durch folgende allgemeine Formel II



beschrieben ist, worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

- 35 E^1-E^5 Kohlenstoff oder maximal ein E^1 bis E^5 Phosphor oder Stickstoff,
 Z NR^5R^6 , PR^5R^6 , OR^5 , SR^5 oder ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ring-
 40 system,
 B eine der folgenden Gruppen:

45



T1.3 PAGE BLANK (USPTO)

12-09-2001

EP0007442

46

und

(C) optional einem oder mehreren zusätzlichen für die Polymerisation von Olefinen üblichen Katalysatoren.

- 5
9. Verfahren nach Anspruch 8, worin man als Aktivatorverbindung (B) eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe Alumin-
oxan, Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat, Tri-
10 cyltetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Trispentafluorophenyl-
boran verwendet.
10. Verfahren nach Anspruch 8, worin mindestens ein Olefin ausge-
wählt aus der Gruppe Ethen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-He-
15 xen, 1-Hepten, 1-Octen oder 1-Decen polymerisiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein
Olefin ausgewählt aus der Gruppe Propen, 1-Buten, 1-Penten,
1-Hexen, 1-Hepten oder 1-Octen polymerisiert wird.
- 20 12. Verfahren nach Anspruch 8, worin die Polymerisation in
Suspension, in Lösung oder in der Gasphase erfolgt.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Februar 2001 (22.02.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/12641 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C07F 17/00,
C08F 10/02, 10/00, 4/60, B01J 31/22

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/07442

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. August 2000 (01.08.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
09/373,715 13. August 1999 (13.08.1999) US

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): BASF AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
67056 Ludwigshafen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MIHAN, Shahram
[IR/DE]; Rossinistr. 12, 67061 Ludwigshafen (DE).
LILGE, Dieter [DE/DE]; Max-Planck-Str. 7, 67117
Limburgerhof (DE). DE LANGE, Paulus [DE/DE];
Kastanienweg 2, 50389 Wesseling (DE). SCHWEIER,
Günther [DE/DE]; Friedrich-Pietzsch-Str. 14, 67159
Friedelsheim (DE). SCHNEIDER, Martin [DE/DE];
Martin-Greif-Str. 20, 67065 Ludwigshafen (DE). RIEF,
Ursula [DE/DE]; In den Gänsgräben 8, 68542 Hed-
desheim (DE). HANDRICH, Udo [DE/DE]; Entensee 13,
67454 Hassloch (DE). HACK, Johannes [DE/DE]; Am

Schmittengraben 8, 67269 Grünstadt (DE). ENDERS,
Markus [DE/DE]; Waldhoferstr. 52, 69123 Heidelberg
(DE). LUDWIG, Gunter [DE/DE]; Röhrigstr. 17, 74889
Steinsfurt (DE). RUDOLPH, Ralph [DE/DE]; Neudamm-
str. 11, 68199 Mannheim (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: BASF AKTIENGE-
SELLSCHAFT; 67056 Ludwigshafen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU,
CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL,
TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eura-
sisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI,
FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: MONOCYCLOPENTADIENYL COMPLEXES OF CHROMIUM, MOLYBDENUM OR TUNGSTEN WITH A
DONOR BRIDGE

(54) Bezeichnung: MONOCYCLOPENTADIENYLKOMPLEXE VON CHROM, MOLYBDÄN ODER WOLFRAM MIT EINER
DONORBRÜCKE

(57) Abstract: The invention relates to substituted monocyclopentadienyl, monoindenyl, monofluorenyl or heterocyclopentadienyl
complexes of chromium, molybdenum or tungsten, wherein at least one of the substituents at the cyclopentadienyl ring carries a rigid
donor function that is not exclusively linked via sp³ hybridized carbon or silicon atoms. The invention further relates to a method for
polymerizing olefins.

(57) Zusammenfassung: Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkom-
plexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram, wobei mindestens einer der Substituenten am Cyclopentadienylring eine rigide, nicht
nur ausschliesslich über sp³ hybridisierte Kohlenstoff- oder Silizium-Atome gebundene Donorfunktion trägt sowie ein Verfahren zur
Polymerisation von Olefinen.

WO 01/12641 A1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

MONOCYCLOPENTADIENYLKOMPLEXE VON CHROM, MOLYBDÄN ODER WOLFRAM MIT EINER DONORBRÜCKE

Beschreibung

5

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram, wobei mindestens einer der Substituenten am Cyclopentadienylring eine ri-

10 gide, nicht nur ausschließlich über sp^3 hybridisierte Kohlenstoff- oder Silizium-Atome gebundene, Donorfunktion trägt, sowie ein Verfahren zur Polymerisation von Olefinen.

Viele der Katalysatoren, die zur Polymerisation von α -Olefinen eingesetzt werden, basieren auf immobilisierten Chromoxiden (siehe z. B. Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 1981, Vol.16, S. 402). Diese ergeben i. a. Ethylenhomo- und Copolymere mit hohen Molekulargewichten, sind jedoch relativ un-

20 empfindlich gegenüber Wasserstoff und erlauben somit keine einfache Kontrolle des Molekulargewichts. Demgegenüber läßt sich durch Verwendung von Bis(cyclopentadienyl)- (US 3,709,853), Bis(indenyl)- oder Bis(fluorenyl)chrom (US 4,015,059), das auf einem anorganischen, oxidischen Träger aufgebracht ist, das Molekulargewicht von Polyethylen durch Zugabe von Wasserstoff einfach

25 steuern.

Wie bei den Ziegler-Natta-Systemen, ist man auch bei den Chromverbindungen seit kurzem auf der Suche nach Katalysatorsystemen mit einem einheitlich definierten, aktiven Zentrum, sogenannten

30 Single-Site-Katalysatoren. Durch gezielte Variation des Ligandgerüsts sollen Aktivität, Copolymerisationsverhalten des Katalysators und die Eigenschaften der so erhaltenen Polymeren einfach verändert werden können.

35 So werden in EP-A-742046 die sogenannten constrained geometry Komplexe der 6. Nebengruppe, ein spezielles Verfahren zu ihrer Darstellung (via Metalltetraamiden), sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins in Anwesenheit solcher Katalysatoren offenbart. Das Ligandgerüst besteht aus einem anionischen Donor,

40 der mit einem Cyclopentadienylrest verknüpft ist.

Von K. H. Theopold et al. wird in Organomet. 1996, 15, 5284-5286, ein analoger $\{[(\text{Tert. Butylamido})\text{dimethylsilyl}](\text{tetramethylcyclopentadienyl})\}\text{chromchlorid}$ Komplex für die Polymerisation von

45 Olefinen beschrieben. Dieser Komplex polymerisiert selektiv

2

Ethylen. Weder Comonomere, wie z.B. Hexen werden eingebaut, noch kann Propen polymerisiert werden.

Dieser Nachteil kann durch Verwendung von strukturell sehr ähnlichen Systemen überwunden werden. So beschreibt DE-A1-19710615 Donorligand-substituierte Monocyclopentadienylchrom-Verbindungen mit denen z.B. auch Propen polymerisiert werden kann. Der Donor ist hierin aus der 15. Gruppe des Periodensystems und neutral. Der Donor ist über ein $(ZR_2)_n$ -Fragment an den Cyclopentadienylring gebunden, wobei R ein Wasserstoff, Alkyl oder Aryl, Z ein Atom der 14. Gruppe des Periodensystems und $n=1$ ist. In DE-A1-19630580 wird ausgeführt, daß die Kombination $Z=\text{Kohlenstoff}$ mit einem Amindonor gute Ergebnisse liefert.

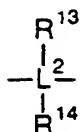
In WO-A-96/13529 werden reduzierte Übergangsmetallkomplexe der Gruppen 4 bis 6 des Periodensystems mit mehrzähligen monoanionischen Liganden beschrieben. Hierzu gehören u.a. Cyclopentadienylliganden, die bevorzugt eine, über eine $(CR_2)_p$ Brücke mit R gleich Wasserstoff oder ein Hydrocarbyl-Radikal mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen und p gleich 1 bis 4, gebundene Donorfunktion enthalten. Als Übergangsmetall ist Titan bevorzugt.

Es gibt auch Ligandsysteme, in denen die Donorgruppe rigide mit dem Cyclopentadienylrest verknüpft ist. Solche Ligandsysteme und deren Metallkomplexe werden z.B. von P. Jutzi und U. Siemeling in J. Orgmet. Chem. (1995), 500, 175-185, Abschnitt 3 zusammengefaßt. M. Enders et. al. beschreiben in Chem. Ber. (1996), 129, 459-463 8-Quinoly-substituierte Cyclopentadienylliganden und deren Titan- und Zirkontrichlorid Komplexe. 2-Picolyl-cyclopentadienyltitantrichlorid in Kombination mit Methylaluminoxan wurde von M. Blais, J. Chien und M. Rausch in Organomet. (1998), 17 (17) 3775-3783 zur Polymerisation von Olefinen eingesetzt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand nun darin neue Katalysatorsysteme zu finden, die sich einfach modifizieren lassen und zur Polymerisation von α -Olefinen geeignet sind.

Demgemäß wurden substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram gefunden, wobei mindestens einer der Substituenten am Cyclopentadienylring eine rigide, nicht nur ausschließlich über sp^3 hybridisierte Kohlenstoff- oder Silizium-Atome gebundene Donorfunktion trägt.

4



- 5 sein kann, wobei
 L^1, L^2 Silizium oder Kohlenstoff bedeutet,
 k 1, wenn Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist auch 0,
10 X unabhängig voneinander Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C_1 - C_{10} -Alkyl, C_2 - C_{10} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1-10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, $NR^{15}R^{16}$, OR^{15} , SR^{15} , SO_3R^{15} ,
15 $OC(O)R^{15}$, CN , SCN , β -Diketonat, CO , BF_4^- , PF_6^- , oder sperrige nichtkoordinierende Anionen,
 R^1 - R^{16} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest,
20 SiR^{17}_3 , wobei die organischen Reste R^1 - R^{16} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R^1 - R^{16} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,
25 R^{17} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{17} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,
30 n 1, 2 oder 3,
 m 1, 2 oder 3,

(B) optional einer oder mehreren Aktivatorverbindungen,

35 und

(C) optional einem oder mehreren zusätzlichen für die Polymerisation von Olefinen üblichen Katalysatoren.

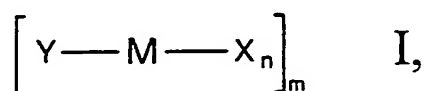
40 Des weiteren wurden Polymerisate von Olefinen, welche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlich sind, sowie Fasern, Folien und Formkörper, welche die erfindungsgemäßen Polymerisate von Olefinen enthalten, gefunden.

45 Um die Anbindung zum Cyclopentadienylring rigide zu machen, enthält die direkteste Verknüpfung zur Donorfunktion mindestens ein sp oder sp^2 hybridisiertes Kohlenstoffatom, bevorzugt mindestens

3

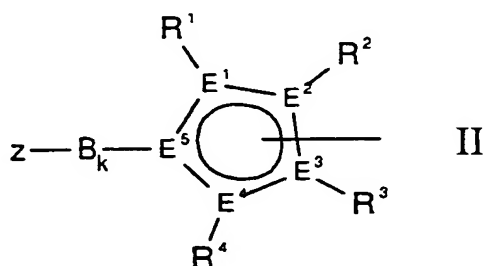
Weiterhin wurde ein Verfahren zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen gefunden, in dem man Olefine in Anwesenheit von folgenden Komponenten polymerisiert:

- 5 (A) Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 1, der allgemeinen Formel I



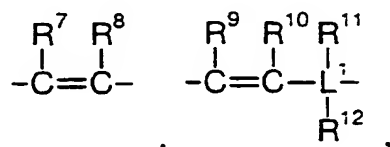
worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

- M Chrom, Molybdän oder Wolfram
 Y durch folgende allgemeine Formel II



beschrieben ist, worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

- E¹-E⁵ Kohlenstoff oder maximal ein E¹ bis E⁵ Phosphor oder Stickstoff,
 Z NR⁵R⁶, PR⁵R⁶, OR⁵, SR⁵ oder ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem,
 B eine der folgenden Gruppen:



und zusätzlich, falls Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist, auch

5

ein bis drei sp^2 hybridisiertes Kohlenstoffatom. Bevorzugt enthält die direkte Verknüpfung eine ungesättigte Doppelbindung, einen Aromaten oder bildet mit dem Donor ein partiell ungesättigtes oder aromatisches heterocyclisches System aus.

5

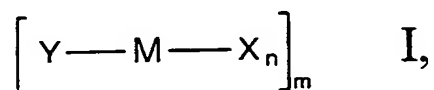
Der Cyclopentadienylring ist in den erfindungsgemäßen Komplexen üblicherweise η^5 an das Metallzentrum, vorzugsweise Chrom, gebunden und kann auch ein Heterocyclopentadienyl Ligand sein, d.h. das mindestens ein C-Atom auch durch ein Heteroatom aus der

- 10 Gruppe 15 oder 16 ersetzt sein kann. In diesem Fall ist bevorzugt ein C_5 -Ring-Kohlenstoffatom durch Phosphor ersetzt. Insbesondere ist der Cyclopentadienylring mit weiteren Alkylgruppen substituiert, welche auch einen fünf oder sechsgliedrigen Ring bilden können, wie z.B. Tetrahydroindenyl, Indenyl, Benzindenyl oder
- 15 Fluorenyl.

Der Donor ist ein Element der 15. oder 16. Gruppe des Periodensystems enthaltende neutrale funktionelle Gruppe, z.B. Amin, Imin, Carboxamid, Carbonsäureester, Keton (Oxo), Ether, Thioketon,

- 20 Phosphin, Phosphit, Phosphinoxid, Sulfonyl, Sulfonamid, oder unsubstituierte, substituierte oder kondensierte, partiell ungesättigte heterocyclische oder heteroaromatische Ringsysteme.

Bevorzugt werden substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe der allgemeinen Formel I

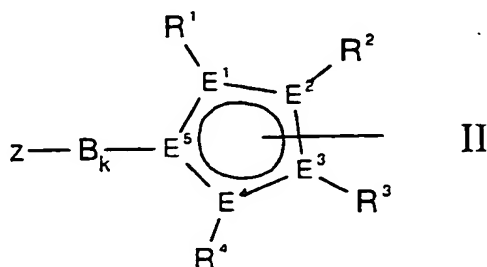


30

eingesetzt, worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

M Chrom, Molybdän oder Wolfram
Y durch folgende allgemeine Formel II

35



40

beschrieben ist, worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

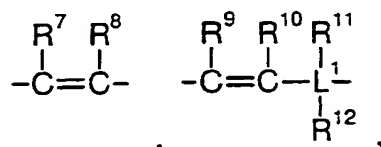
45

E^1-E^5 Kohlenstoff oder maximal ein E^1 bis E^5 Phosphor oder Stickstoff,

6

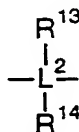
Z NR⁵R⁶, PR⁵R⁶, OR⁵, SR⁵ oder ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem,
 B eine der folgenden Gruppen:

5



10

und zusätzlich, falls Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist,
 15 auch



20

sein kann, wobei

L¹, L²

Silizium oder Kohlenstoff bedeutet,

k

1, wenn Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist auch 0,

25 X

unabhängig voneinander Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C₁-C₁₀-Alkyl, C₂-C₁₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1-10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR¹⁵R¹⁶, OR¹⁵, SR¹⁵, SO₃R¹⁵, OC(O)R¹⁵, CN, SCN, β-Diketonat, CO, BF₄⁻, PF₆⁻, oder sperrige nichtkoordinierende Anionen,

30

R¹-R¹⁶

unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, SiR¹⁷₃, wobei die organischen Reste R¹-R¹⁶ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R¹-R¹⁶ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

35

R¹⁷

unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R¹⁷ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

40

n

1, 2 oder 3,

m

1, 2 oder 3.

45

Als Übergangsmetall M kommt insbesondere Chrom in Betracht.

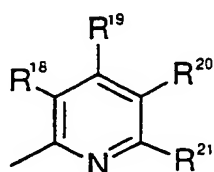
Y ist ein substituiertes Cyclopentadienylsystem, wobei der Rest -B_k-Z eine rigide gebundene Donorfunktion trägt. Der Cyclopentadienylring ist über eine η^5 -Bindung an das Übergangsmetall gebunden. Der Donor kann koordinativ gebunden oder nicht koordiniert sein. Bevorzugt ist der Donor intramolekular an das Metallzentrum koordiniert.

E¹ bis E⁵ sind bevorzugt vier Kohlenstoffatome und ein Phosphoratom oder nur Kohlenstoffatome und ganz besonders bevorzugt sind alle E¹ bis E⁵ gleich Kohlenstoff.

Z kann z.B. zusammen mit der Brücke B ein Amin, Ether, Thioether oder Phosphin bilden. Z kann aber auch ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heterocyclisches aromatisches Ringsystem darstellen, welches neben Kohlenstoffringgliedern Heteroatome aus der Gruppe Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff und Phosphor enthalten kann. Beispiele für 5-Ring Heteroarylgruppen, welche neben Kohlenstoffatomen ein bis vier Stickstoffatome und/oder ein Schwefel- oder Sauerstoffatom als Ringglieder enthalten können, sind 2-Furyl, 2-Thienyl, 2-Pyrrolyl, 3-Isoxazolyl, 5-Isoxazolyl, 3-Isotiazolyl, 5-Isotiazolyl, 1-Pyrazolyl, 3-Pyrazolyl, 5-Pyrazolyl, 2-Oxazolyl, 4-Oxazolyl, 5-Oxazolyl, 2-Thiazolyl, 4-Thiazolyl, 5-Thiazolyl, 2-Imidazolyl, 4-Imidazolyl, 5-Imidazolyl, 1,2,4-Oxadiazol-3-yl, 1,2,4-Oxadiazol-5-yl, 1,3,4-Oxadiazol-2-yl oder 1,2,4-Triazol-3-yl. Beispiele für 6-gliedrige Heteroarylgruppen, welche ein bis vier Stickstoffatome und/oder ein Phosphoratom enthalten können, sind 2-Pyridinyl, 2-Phosphabenzolyl 3-Pyridazinyl, 2-Pyrimidinyl, 4-Pyrimidinyl, 2-Pyrazinyl, 1,3,5-Triazin-2-yl und 1,2,4-Triazin-3-yl, 1,2,4-Triazin-5-yl oder 1,2,4-Triazin-6-yl. Die 5-Ring und 6-Ring Heteroarylgruppen können hierbei auch durch C₁-C₁₀-Alkyl, C₆-C₁₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-10 C-Atomen im Arylrest, Trialkylsilyl oder Halogenen, wie Fluor, Chlor oder Brom substituiert oder mit ein oder mehreren Aromaten oder Heteroaromaten kondensiert sein. Beispiele für benzokondensierte 5-gliedrige Heteroarylgruppen sind 2-Indolyl, 7-Indolyl, 2-Cumaronyl, 7-Cumaronyl, 2-Thionaphthenyl, 7-Thionaphthenyl, 3-Indazolyl, 7-Indazolyl, 2-Benzimidazolyl oder 7-Benzimidazolyl. Beispiele für benzokondensierte 6-gliedrige Heteroarylgruppen sind 2-Chinolyl, 8-Chinolyl, 3-Cinnolyl, 8-Cinnolyl, 1-Phthalazolyl, 2-Chinazolyl, 4-Chinazolyl, 8-Chinazolyl, 5-Chinoxalyl, 4-Acridyl, 1-Phenanthridyl oder 1-Phenazolyl. Bezeichnung und Nummerierung der Heterocyclen wurde aus L.Fieser und M. Fieser, Lehrbuch der organischen Chemie, 3. neubearbeitete Auflage, Verlag Chemie, Weinheim 1957 entnommen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem oder NR⁵R⁶.

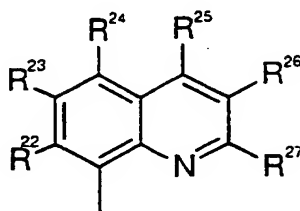
Hierbei sind einfache Systeme bevorzugt, die leicht zugänglich und billig sind und aus der folgenden Gruppe ausgewählt sind:

5



10

2-Pyridyl



8-Chinolyl

Durch geeignete Wahl der Reste R¹⁸ bis R²⁷ kann Einfluß auf die
 15 Aktivität des Katalysators und das Molekulargewicht des entstehenden Polymeren genommen werden. Als Substituenten R¹⁸ bis R²⁷ kommen die gleichen Reste, wie für R¹-R¹⁶ beschrieben und Halogene, wie z.B. Fluor, Chlor oder Brom in Betracht, wobei gegebenenfalls auch zwei vicinale Reste R¹⁸ bis R²⁷ zu einem 5- oder
 20 6-gliedrigen Ring verbunden sein können und auch durch Halogene, wie Fluor, Chlor oder Brom substituiert sein können. Bevorzugte Reste R¹⁸ bis R²⁷ sind Wasserstoff, Methyl, Ethyl, n-Propyl, n-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Vinyl, Allyl, Benzyl, Phenyl, Naphthyl, Biphenyl und Anthranyl, sowie
 25 Fluor, Chlor und Brom. Als Si-organische Substituenten kommen besonders Trialkylsilyl-Gruppen mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest in Betracht, insbesondere Trimethylsilyl-Gruppen. Ganz besonders bevorzugt ist Z ein unsubstituiertes oder substituiertes, z.B. alkylsubstituiertes, insbesondere in Position 8 verknüpftes Chinolyl, z.B. 8-Chinolyl, 8-(2-Methylchinolyl), 8-(2,3,4-Trimethylchinolyl), 8-(2,3,4,5,6,7-Hexamethylchinolyl). Es ist sehr einfach darstellbar und liefert gleichzeitig sehr gute Aktivitäten.

Die rigide Verbrückung B zwischen dem Cyclopentadienylring und
 35 der funktionellen Gruppe Z ist ein organisches Diradikal, bestehend aus Kohlenstoff und/oder Silizium Einheiten mit einer Kettenlänge von 1 bis 3. Durch eine Änderung der Verknüpfungslänge zwischen Cyclopentadienylring und Heteroatom-Donor kann die Aktivität des Katalysators beeinflusst werden. Da auch die Art von
 40 Z die Anzahl der verbrückenden Atome zwischen dem Cyclopentadienylrest und dem Heteroatom beeinflusst, können hier vielfältige Kombinationen von B mit Z zur Einflußnahme gewählt werden. B kann mit L¹ oder mit CR⁹ an Z gebunden sein. Bevorzugt wegen der einfachen Darstellbarkeit ist die Kombination von B gleich CH=CH oder
 45 1,2-Phenylen mit Z gleich NR⁵R⁶, als auch B gleich CH₂, C(CH₃)₂ oder Si(CH₃)₂ und Z gleich unsubstituiertes oder substituiertes 8-Chinolyl oder unsubstituiertes oder substituiertes 2-Pyridyl.

Ganz besonders einfach zugänglich sind auch Systeme ohne Brücke B, bei denen k gleich 0 ist. Bevorzugtes Z ist in diesem Falle unsubstituiertes oder substituiertes Chinolyl, insbesondere 8-Chinolyl.

5

- Auch durch die Variation der Substituenten R^1 - R^{16} lassen sich verschiedene Eigenschaften des Katalysatorsystems verändern. Durch die Zahl und Art der Substituenten, insbesondere von R^1 - R^4 kann die Zugänglichkeit des Metallatoms M für die zu polymerisierenden
- 10 Olefine beeinflusst werden. So ist es möglich die Aktivität und Selektivität des Katalysators hinsichtlich verschiedener Monomere, insbesondere sterisch anspruchsvoller Monomere, zu modifizieren. Da die Substituenten auch auf die Geschwindigkeit von Abbruchreaktionen der wachsenden Polymerkette Einfluß nehmen können,
- 15 nen, läßt sich hierdurch auch das Molekulargewicht der entstehenden Polymere verändern. Die chemische Struktur der Substituenten R^1 bis R^{16} kann daher in weiten Bereichen variiert werden, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen und ein maßgeschneidertes Katalysatorsystem zu erhalten. Als C-organische Substituenten
- 20 R^1 - R^{16} kommen beispielsweise folgende in Betracht: C_1 - C_{20} -Alkyl, wobei das Alkyl linear oder verzweigt sein kann, wie z.B. Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl oder n-Dodecyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl, das seinerseits eine
- 25 C_6 - C_{10} -Arylgruppe als Substituent tragen kann, wie z.B. Cyclopropan, Cyclobutan, Cyclopentan, Cyclohexan, Cycloheptan, Cyclooctan, Cyclononan oder Cyclododekan, C_2 - C_{20} -Alkenyl, wobei das Alkenyl linear, cyclisch oder verzweigt sein kann und die Doppelbindung intern oder endständig sein kann, wie z.B. Vinyl,
- 30 1-Allyl, 2-Allyl, 3-Allyl, Butenyl, Pentenyl, Hexenyl, Cyclopentenyl, Cyclohexenyl, Cyclooctenyl oder Cyclooctadienyl, C_6 - C_{20} -Aryl, wobei der Arylrest durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Phenyl, Naphthyl, Biphenyl, Anthranyl, o-, m-, p-Methylphenyl, 2,3-, 2,4-, 2,5-, oder 2,6-Dimethyl-
- 35 phenyl, 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- oder 3,4,5-Tri-methylphenyl, oder Arylalkyl, wobei das Arylalkyl durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Benzyl, o-, m-, p-Methylbenzyl, 1- oder 2-Ethylphenyl, wobei gegebenenfalls auch zwei R^1 bis R^{16} zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein
- 40 können und die organischen Reste R^1 - R^{16} auch durch Halogene, wie z.B. Fluor, Chlor oder Brom substituiert sein können. Als Si-organische Substituenten SiR^{17}_3 kommen für R^{17} die gleichen Reste, wie oben für R^1 - R^{16} näher ausgeführt, wobei gegebenenfalls auch zwei R^{17} zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können,
- 45 in Betracht, wie z.B. Trimethylsilyl, Triethylsilyl, Butyldimethylsilyl, Tributylsilyl, Triallylsilyl, Triphenylsilyl oder Dimethylphenylsilyl. Bevorzugt Reste R^5 - R^{16} sind Wasserstoff,

10

Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Vinyl, Allyl, Benzyl, Phenyl, ortho Dialkyl- oder Dichlorosubstituierte Phenyle, Trialkyl- oder Trichlorosubstituierte Phenyle, Naphthyl, Biphenyl und Anthranyl. Als Si-organische Substituenten kommen besonders Trialkylsilyl-Gruppen mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest in Betracht, insbesondere Trimethylsilyl-Gruppen. Besonders bevorzugte Reste R^5 und R^6 sind Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Allyl, Benzyl, Phenyl oder Trialkylsilyl-Gruppen. Bevorzugt sind R^1 bis R^4 Wasserstoff, Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Benzyl oder Phenyl. In bevorzugten Übergangsmetallkomplexen ist $E^1E^2E^3E^4E^5$ zusammen mit $R^1R^2R^3R^4$ ein Mono-, wie z.B. 3-Methylcyclopentadienyl, 3-Ethylcyclopentadienyl, 3-Isopropylcyclopentadienyl, 3-tert.-Butylcyclopentadienyl, Di-, wie z.B. Tetrahydroindenyl, 2,4-Dimethylcyclopentadienyl oder 3-Methyl-5-tert.-Butylcyclopentadienyl, Tri-, wie z.B. 2,3,5-Trimethylcyclopentadienyl oder Tetraalkylcyclopentadienyl, wie z.B. 2,3,4,5-Tetramethylcyclopentadienyl. Des weiteren sind auch solche Verbindungen bevorzugt in denen zwei vicinale R^1 bis R^4 ein kondensiertes sechsgliedriges Ringsystem ausbilden, worin $E^1E^2E^3E^4E^5$ zusammen mit $R^1R^2R^3R^4$ ein unsubstituiertes oder substituiertes Indenyl, wie z.B. Indenyl, 2-Methylindenyl, 2-Ethylindenyl, 2-Isopropylindenyl, 3-Methylindenyl, 4-Phenylindenyl, 2-Methyl-4-phenylindenyl oder 4-Naphthylindenyl oder Benzindenylsystem, wie z.B. Benzindenyl oder 2-Methylbenzindenyl darstellt. In ganz besonders bevorzugten Übergangsmetallkomplexen ist $E^1E^2E^3E^4E^5$ zusammen mit $R^1R^2R^3R^4$ ein Indenyl.

30

Wie auch bei den Metallocenen können die Übergangsmetallkomplexe chiral sein. So kann einerseits der Cyclopentadienylrest ein oder mehrere chirale Zentren besitzen, oder aber das Cyclopentadienylsystem selbst nur enantiotop sein, so daß erst durch dessen Bindung an das Übergangsmetall M die Chiralität induziert wird. Dies kann z.B. einfach durch zwei unterschiedliche Substituenten (der Donorsubstituent und z.B. ein Alkylrest) am Cyclopentadienylring erfolgen, um so R und S Enantiomere der Übergangsmetallkomplexe erhalten zu können (zum Formalismus der Chiralität bei Cyclopentadienylverbindungen siehe R. Haltermann, Chem. Rev. 92, (1992), 965-994).

40

Die Substituenten X ergeben sich z.B. durch die Auswahl der entsprechenden Metallausgangsverbindungen, die zur Synthese der Metallkomplexe verwendet werden, können aber auch nachträglich noch variiert werden. Als Substituenten X kommen insbesondere die Halogene wie Fluor, Chlor, Brom oder Jod und darunter ins-

45

besondere Chlor in Betracht. Auch einfache Alkylreste, wie Methyl, Ethyl, Propyl, Butyl, Vinyl, Allyl, Phenyl oder Benzyl stellen vorteilhafte Liganden X dar. Als weitere Liganden X sollen nur exemplarisch und keineswegs abschließend Trifluoracetat, 5 BF_4^- , PF_6^- sowie schwach bzw. nicht koordinierende Anionen (siehe z.B. S. Strauss in Chem. Rev. 1993, 93, 927-942) wie $\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4^-$ genannt werden. Die Benennung der Liganden X als Anionen beinhaltet keine Festlegung welcher Art die Bindung zum Übergangsmetall M ist. Ist X z.B. ein nicht oder schwach koordinierendes Anion, so 10 ist die Wechselwirkung zwischen dem Metall M und dem Liganden X eher elektrostatischer Natur. Die verschiedenen Arten von Bindungen sind dem Fachmann bekannt.

Auch Amide, Alkoholate, Sulfonate, Carboxylate und β -Diketonate 15 sind besonders geeignet. Durch Variation der Reste R^{15} und R^{16} können z.B. physikalische Eigenschaften wie Löslichkeit fein eingestellt werden. Bevorzugt werden C_1 - C_{10} -Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, n-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, sowie Vinyl, Allyl, Benzyl und Phenyl als Reste R^{15} und R^{16} 20 verwendet. Manche dieser substituierten Liganden X werden ganz besonders bevorzugt verwendet, da sie aus billigen und einfach zugänglichen Ausgangsstoffen erhältlich sind. So ist eine besonders bevorzugte Ausführungsform, wenn X für Dimethylamid, Methanolat, Ethanolat, Isopropanolat, Phenolat, Naphtholat, Tri- 25 flat, p-Toluolsulfonat, Acetat oder Acetylacetonat steht.

Die Anzahl n der Liganden X hängt von der Oxidationsstufe des Übergangsmetall M ab. Die Zahl n kann somit nicht allgemein angegeben werden. Die Oxidationsstufe der Übergangsmetalle M in katalytisch aktiven Komplexen, sind dem Fachmann zumeist bekannt. 30 Chrom, Molybdän und Wolfram liegen sehr wahrscheinlich in der Oxidationsstufe +3 vor. Es können jedoch auch Komplexe eingesetzt werden, deren Oxidationsstufe nicht der des aktiven Katalysators entspricht. Solche Komplexe können dann durch geeignete 35 Aktivatoren entsprechend reduziert oder oxidiert werden. Bevorzugt werden Chromkomplexe in der Oxidationsstufe +3 verwendet.

Der Donor Z kann an das Übergangsmetall M koordinativ gebunden sein. Dies ist inter- oder intramolekular möglich. Bevorzugt ist 40 der Donor Z intramolekular an M koordinativ gebunden. Dies kann sich jedoch im Verlauf der Polymerisation ändern.

Der Übergangsmetallkomplex der Formel I kann als monomere, dimere oder trimere Verbindung vorliegen, wobei l dann 1, 2 oder 3 ist. 45 Dabei können z.B. ein oder mehrere Liganden X zwei Metallzentren M verbrücken.

12

- Bevorzugte Komplexe sind z.B. 1-(8-Chinolyl)-2-methyl-4-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-3-isopropyl-5-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-3-tert.butyl-5-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid,
- 5 1-(8-Chinolyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)tetrahydroindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)indenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-methylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-isopropylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-ethylindenyl-
- 10 chrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-tert.butylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)benzindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-methylbenzindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-methyl-4-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))tetrahydroindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))indenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-methylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-isopropylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-
- 20 ethylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-tert.butylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-benzindenylchrom(III)dichlorid oder 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-methylbenzindenylchrom(III)dichlorid.
- 25 Die Herstellung funktioneller Cyclopentadienyl-Liganden ist seit langer Zeit bekannt. Verschiedene Synthesewege für diese Komplexe-Liganden werden z.B. von M. Enders et. al. in Chem. Ber. (1993), 129, 459-463 oder P. Jutzi und U. Siemeling in J. Organomet. Chem. (1995), 500, 175-185 beschrieben.
- 30 Die Metallkomplexe, insbesondere die Chromkomplexe, lassen sich auf einfache Weise erhalten, wenn man die entsprechenden Metallsalze wie z.B. Metallchloride mit dem Ligand anion umsetzt (z.B. analog zu den Beispielen in DE 197 10615).
- 35 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Polymerisation von Olefinen läßt sich mit allen technisch bekannten Polymerisationsverfahren bei Temperaturen im Bereich von 20 bis 300°C und unter Drücken von 5 bis 4000 bar kombinieren. Die vorteilhaften Druck- und
- 40 Temperaturbereiche zur Durchführung des Verfahrens hängen demgemäß stark von der Polymerisationsmethode ab. So lassen sich die erfindungsgemäß verwendeten Katalysatorsysteme in allen bekannten Polymerisationsverfahren, also beispielsweise in Hochdruck-Polymerisationsverfahren in Rohrreaktoren oder Autoklaven, in
- 45 Suspensions-Polymerisationsverfahren, in Lösungs-polymerisationsverfahren oder bei der Gasphasenpolymerisation einsetzen. Bei den Hochdruck-Polymerisationsverfahren, die üblicherweise bei Drücken

zwischen 1000 und 4000 bar, insbesondere zwischen 2000 und 3500 bar, durchgeführt werden, werden in der Regel auch hohe Polymerisationstemperaturen eingestellt. Vorteilhafte Temperaturbereiche für diese Hochdruck-Polymerisationsverfahren liegen zwischen 200 und 280°C, insbesondere zwischen 220 und 270°C. Bei Niederdruck-Polymerisationsverfahren wird in der Regel eine Temperatur eingestellt, die mindestens einige Grad unter der Erweichungstemperatur des Polymerisates liegt. Insbesondere werden in diesen Polymerisationsverfahren Temperaturen zwischen 50 und 180°C, vorzugsweise zwischen 70 und 120°C, eingestellt. Bei den Suspensionspolymerisationen wird üblicherweise in einem Suspensionsmittel, vorzugsweise in einem Alkan polymerisiert. Die Polymerisationstemperaturen liegen i.a. im Bereich von -20 bis 115°C, der Druck i.a. im Bereich von 1 bis 100 bar. Der Feststoffgehalt der Suspension liegt i.a. im Bereich von 10 bis 80 %. Es kann sowohl diskontinuierlich, z.B. in Rührautoklaven, als auch kontinuierlich, z.B. in Rohrreaktoren, bevorzugt in Schleifreaktoren, gearbeitet werden. Insbesondere kann nach dem Phillips-PF-Verfahren, wie in der US-A 3 242 150 und US-A 3 248 179 beschrieben, gearbeitet werden. Von den genannten Polymerisationsverfahren ist erfindungsgemäß die Gasphasenpolymerisation, insbesondere in Gasphasenwirbelschicht-Reaktoren, die Lösungspolymerisation, sowie die Suspensionspolymerisation, insbesondere in Schleifen- und Rührkesselreaktoren, besonders bevorzugt. Die Gasphasenpolymerisation kann auch in der sogenannten condensed, supercondensed oder superkritischen Fahrweise durchgeführt werden. Die verschiedenen oder auch gleichen Polymerisationsverfahren können auch wahlweise miteinander in Serie geschaltet sein und so eine Polymerisationskaskade bilden. Weiterhin kann zur Regelung der Polymereigenschaften auch ein Zusatz, wie z.B. Wasserstoff in den Polymerisationsverfahren verwendet werden.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich verschiedene olefinisch ungesättigte Verbindungen polymerisieren, wobei dies auch die Copolymerisation umfaßt. Im Gegensatz zu einigen bekannten Eisen- und Cobaltkomplexen zeigen die erfindungsgemäß eingesetzten Übergangsmetallkomplexe eine gute Polymerisationsaktivität auch mit höheren α -Olefinen, so daß ihre Eignung zur Copolymerisation besonders hervorzuheben ist. Als Olefine kommen dabei neben Ethylen und α -Olefinen mit 3 bis 12 Kohlenstoffatomen, wie z.B. Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen, 1-Nonen, 1-Decen oder 1-Dodecen auch interne Olefine und nicht-konjugierte und konjugierte Diene wie Butadien, 1,5-Hexadien oder 1,6-Heptadien, cyclische Olefine wie Cyclohexen, Cyclopenten oder Norbornen und polare Monomere wie Acrylsäureester, Acrolein, Acrylnitril, Vinylether, Allylether und Vinylacetat in Betracht. Auch vinylaromatische Verbindungen wie Styrol lassen sich nach

dem erfindungsgemäßen Verfahren polymerisieren. Bevorzugt wird mindestens ein Olefin ausgewählt aus der Gruppe Ethen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen und 1-Decen polymerisiert. Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß man als Monomere Gemische von Ethylen mit C_3 - bis C_{12} - α -Olefinen einsetzt. Anders als bei einigen Eisen- und Cobaltverbindungen können auch höhere α -Olefine mit dem erfindungsgemäßen Katalysatorsystem sehr gut polymerisiert werden. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Olefin ausgewählt aus der Gruppe Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten und 1-Octen polymerisiert. Insbesondere diese letztgenannten Olefinen können in verflüssigtem oder flüssigem Zustand auch das Lösungsmittel in der Polymerisation- und Copolymerisationsreaktion bilden.

Die erfindungsgemäßen Metallkomplexe sind für sich teilweise nicht oder wenig polymerisationsaktiv und werden dann mit einem Aktivator, der Komponente (B), in Kontakt gebracht um gute Polymerisationsaktivität entfalten zu können. Als Aktivatorverbindungen kommen beispielsweise solche vom Alumoxantyp in Betracht, insbesondere Methylalumoxan MAO. Alumoxane werden z.B. durch kontrollierte Addition von Wasser oder wasserhaltigen Substanzen zu Alkylaluminiumverbindungen, insbesondere Trimethylaluminium, hergestellt. Als Co-Katalysator geeignete Alumoxan-Zubereitungen sind kommerziell erhältlich. Es wird angenommen, daß es sich hierbei aus einer Mischung von cyclischen und linearen Verbindungen handelt. Die cyclischen Alumoxane können durch die Formel $(R^{28}AlO)_s$ und die linearen Aluminosiloxane durch die Formel $R^{28}(R^{28}AlO)_sAlR^{28}_2$ zusammengefaßt werden, wobei s den Oligomerisationsgrad angibt und eine Zahl von ungefähr 1 bis 50 ist. Vorteilhaftes Alumoxane enthalten im wesentlichen Alumoxan-Oligomere mit einem Oligomerisationsgrad von etwa 1 bis 30 und R^{28} ist bevorzugt ein C_1 - C_6 -Alkyl und besonders bevorzugt Methyl, Ethyl, Butyl oder Isobutyl.

Neben den Alumoxanen können als Aktivatorkomponenten auch solche eingesetzt werden, wie sie in der sogenannten kationischen Aktivierung der Metallocen-Komplexe Verwendung finden. Derartige Aktivatorkomponenten sind z.B. aus EP-B1-0468537 und aus EP-B1-0427697 bekannt. Insbesondere können als solche Aktivatorverbindungen (B) Borane, Boroxine oder Borate, wie z. B. Trialkylboran, Triarylboran, Trimethylboroxin, Dimethylaniliniumtetraarylborat, Trityltetraarylborat, Dimethylaniliniumboratabenzole oder Tritylboratabenzole (siehe WO-A-97/36937) eingesetzt werden. Besonders bevorzugt werden Borane oder Borate eingesetzt, welche mindestens zwei perfluorierte Arylreste tragen. Als beson-

15

ders geeignete Aktivatorverbindung (B) werden Verbindung aus der Gruppe Aluminoxan, Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat, Trityltetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Tris(pentafluorophenyl)boran verwendet.

5

Auch Aktivatorverbindungen mit stärker oxidierenden Eigenschaften sind einsetzbar, wie z.B. Silberborate, insbesondere Silber-tetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Ferroceniumborate, insbesondere Ferroceniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Ferroceniumtetra-

10 phenylborat.

Weiterhin können als Aktivatorkomponente Verbindungen wie Aluminiumalkyle, insbesondere Trimethylaluminium, Triethylaluminium, Triisobutylaluminium, Tributylaluminium, Dimethylaluminiumchlorid, Dimethylaluminiumfluorid, Methylaluminiumdichlorid, Methylaluminiumsesquichlorid, Diethylaluminiumchlorid oder Aluminiumtrifluorid eingesetzt werden. Auch die Hydrolyseprodukte von Aluminiumalkylen mit Alkoholen können eingesetzt werden (siehe z.B. WO-A-95/10546).

20

Als Aktivatorverbindungen können des weiteren auch Alkylverbindungen von Lithium, Magnesium oder Zink verwendet werden, wie z.B. Methylmagnesiumchlorid, Methylmagnesiumbromid, Ethylmagnesiumchlorid, Ethylmagnesiumbromid, Butylmagnesiumchlorid, Dimethylmagnesium, Diethylmagnesium, Dibutylmagnesium, Methyl-lithium, Ethyl-lithium, Methylzinkchlorid, Dimethylzink oder Diethylzink.

25

Manchmal ist es wünschenswert eine Kombination von verschiedenen Aktivatoren zu verwenden. Dies ist z.B. bei den Metallocenen bekannt, bei denen Borane, Boroxine (WO-A-93/16116) und Borate oft in Kombination mit einem Aluminiumalkyl eingesetzt werden. Generell ist auch eine Kombination von verschiedenen Aktivatorkomponenten mit dem erfindungsgemäßen Übergangsmetallkomplex möglich.

30

Die Menge der zu verwendenden Aktivatorverbindungen hängt von der Art des Aktivators ab. Generell kann das Molverhältnis Metallkomplex (A) zu Aktivatorverbindung (B) von 1:0.1 bis 1:10000 betragen, bevorzugt werden 1:1 bis 1:2000. Das Molverhältnis von Metallkomplex (A) zu Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat, Trityltetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Tris(pentafluorophenyl)boran liegt zwischen 1:1 und 1:20, bevorzugt zwischen 1:1 und 1:15, und besonders bevorzugt zwischen 1:1 und 1:5, zu Methylaluminoxan bevorzugt zwischen 1:1 und 1:2000 und besonders bevorzugt zwischen 1:10 und 1:1000. Da viele der Aktivatoren, wie z.B. Aluminiumalkyle gleichzeitig zur Entfernung von Katalysatorgiften verwendet werden (sogenannte scavenger), ist die eingesetzte Menge von der Verunreinigung der übrigen Einsatzstoffe ab-

40

45

hängig. Der Fachmann kann jedoch durch einfaches Probieren die optimale Menge bestimmen.

Der Übergangsmetallkomplex kann dabei entweder vor oder nach
5 Kontaktierung mit den zu polymerisierenden Olefinen mit der oder
den Aktivatorverbindungen in Kontakt gebracht werden. Auch eine
Voraktivierung mit ein oder mehreren Aktivatorverbindungen vor
der Durchmischung mit dem Olefin und weitere Zugabe der gleichen
oder anderer Aktivatorverbindungen nach Kontaktierung dieses Ge-
10 misches mit dem Olefin ist möglich. Eine Voraktivierung erfolgt
in der Regel bei Temperaturen zwischen 10-100°C, bevorzugt zwi-
schen 20-80°C.

Auch kann mehr als einer der erfindungsgemäßen Übergangsmetall-
15 komplexe gleichzeitig mit dem zu polymerisierenden Olefin in Kon-
takt gebracht werden. Dies hat den Vorteil, daß so ein weiter Be-
reich an Polymeren erzeugt werden kann. Auf diese Weise können
z.B. bimodale Produkte hergestellt werden.

20 Ein ebenfalls breites Produktspektrum kann durch Verwendung der
erfindungsgemäßen Komplexe in Kombination mit mindestens einem
für die Polymerisation von Olefinen üblichen Katalysator (C) er-
reicht werden. Als Katalysatoren (C) kommen hierbei besonders
klassische Ziegler Natta Katalysatoren auf der Basis von Titan,
25 klassische Phillips Katalysatoren auf der Basis von Chromoxiden,
Metallocene, die sogenannten constrained geometry Komplexe (siehe
z.B. EP-A-0416815 oder EP-A-0420436), Nickel und Palladium Bisi-
min-Systeme (zu deren Darstellung siehe WO-A-98/03559), Eisen und
Cobalt Pyridinbisimin-Verbindungen (zu deren Darstellung siehe
30 WO-A-98/27124) oder Chromamide (siehe z.B. 95JP-170947) verwendet
werden. So können auch durch derartige Kombinationen z.B.
bimodale Produkte hergestellt oder in situ Comonomer erzeugt wer-
den. Bevorzugt wird hierbei mindestens ein Übergangsmetallkomplex
(A) in Gegenwart von mindestens einem für die Polymerisation von
35 Olefinen üblichen Katalysator (C) und gewünschtenfalls ein oder
mehreren Aktivatorverbindungen (B) verwendet. Hierbei sind je
nach Katalysatorenkombinationen (A und C) ein oder mehrere
Aktivatoren vorteilhaft. Die Polymerisationskatalysatoren (C)
können ebenfalls geträgert sein und gleichzeitig oder in einer
40 beliebigen Reihenfolge mit dem erfindungsgemäßen Komplex (A)
verwendet werden.

Die erfindungsgemäßen Katalysatoren (A) können optional auch auf
einem organischen oder anorganischen Träger immobilisiert und in
45 geträgerter Form in der Polymerisation verwendet werden. Dies ist
eine gängige Methode, um Reaktorablagerungen zu vermeiden und die
Polymermorphologie zu steuern. Als Trägermaterialien werden

bevorzugt Kieselgel, Magnesiumchlorid, Aluminiumoxid, mesoporöse Materialien, Aluminosilikate und organische Polymere wie Polyethylen, Polypropylen oder Polystyrol und insbesondere Kieselgel oder Magnesiumchlorid verwendet.

5

Die Aktivatorverbindungen (B) und der Metallkomplex (A) können mit dem Träger in verschiedenen Reihenfolgen oder gleichzeitig in Kontakt gebracht werden. Dies wird in der Regel in einem inerten Lösungsmittel durchgeführt, das nach der Immobilisierung ab-

- 10 filtriert oder verdampft werden kann. Auch die Verwendung des noch feuchten, geträgerten Katalysators ist aber möglich. So kann zuerst die Mischung des Trägers mit dem oder den Aktivatorverbindungen oder auch zuerst das Kontaktieren des Trägers mit dem Polymerisationskatalysator erfolgen. Auch eine Voraktivierung des
- 15 Katalysators mit einer oder mehreren Aktivatorverbindungen vor der Durchmischung mit dem Träger ist möglich. Die Menge an Metallkomplex (A) (in mmol) pro Gramm Trägermaterial kann stark variieren z.B. zwischen 0.001 bis 1. Die bevorzugt Menge an Metallkomplex (A) pro Gramm Trägermaterial liegt zwischen 0.001
- 20 und 0.5 mmol/g, und besonders bevorzugt zwischen 0.005 und 0.1 mmol/g. In einer möglichen Ausführungsform kann der Metallkomplex (A) auch in Anwesenheit des Trägermaterials hergestellt werden. Eine weitere Art der Immobilisierung ist auch die Vor-
- 25 Trägerung. polymerisation des Katalysatorsystems mit oder ohne vorherige

Durch das erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich Polymerisate von Olefinen darstellen. Der Begriff Polymerisation, wie er zur Beschreibung der Erfindung hier verwendet wird, umfaßt sowohl

30 Polymerisation als auch Oligomerisation, d.h. Oligomere und Polymere mit Molekulargewichten im Bereich von etwa 56 bis 4000000 können durch diese Verfahren erzeugt werden.

- Auf Grund ihrer guten mechanischen Eigenschaften eignen sich die
- 35 mit den erfindungsgemäßen Komplexen hergestellten Polymerisate und Copolymerisate von Olefinen vor allem für die Herstellung von Folien, Fasern und Formkörpern. Dies gilt sowohl für die Polymerisate und Copolymerisate, die man durch Verwendung von einem oder mehreren der erfindungsgemäßen substituierten Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram erhält, als auch
- 40 für die Kombinationen von diesen mit ein oder mehreren für die Polymerisation von Olefinen üblichen Katalysatoren (C).

- 45 Die erfindungsgemäßen Katalysatoren zeigen sehr gute Produktivitäten. Vergleicht man die Ergebnisse von DE-A-19710615, so findet man, vor allem unter Polymerisationsbedingungen, die

industriell relevant sind (eine Stunde Polymerisationszeit) bessere (druckgemittelte) Aktivitäten.

Unerwarteterweise zeichnen sich die erfindungsgemäßen Komplexe
5 auch durch gute thermische Stabilität aus. Sie sind z.B. über einen Zeitraum von mehreren Stunden in Toluol unzersetzt am Rückfluß erhitzbar.

Die folgenden Beispiele erläutern die Erfindung:

10

Alle Arbeiten wurden, falls nicht anders vermerkt, unter Luft- und Feuchtigkeitsausschluß durchgeführt. Toluol und THF wurden über eine Molekularsiebsäule oder Natrium/Benzophenon getrocknet und abdestilliert. Triisobutylaluminium (2 M in Heptan) wurden
15 von der Firma Witco, MAO (Methylaluminoxan 10% in Toluol) und N,N'-Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat von der Firma Albemarle und MAO (Methylaluminoxan 30% in Toluol) von der Firma Witco GmbH erhalten.

20 Nachfolgend genannte Ausgangsverbindungen wurden nach den zitierten Literaturvorschriften dargestellt:

- 8-Bromchinolin

25 a) J. Mirek, Roczniki Chem. 1960, 34, 1599-1606;
b) E. Reimann in Houben-Weil, Methoden der Organischen Chemie, 4. Aufl., Band E7a, 366

- 8-Brom-2-methylchinolin: C. M. Leir, J. Org. Chem. 1977, 42, 911 - 913

30

- 2,3,4,5-Tetramethylcyclopent-2-enon: F.X. Kohl, P. Jutzi, J. Organomet. Chem. 1983, 243, 119 - 121

- 2,3-Dimethylcyclopent-2-enon

35 a) M. Dorsch, V. Jäger, W. Spönlein, Angew. Chem. 1984, 96, 815 - 16; Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1984, 23, 798;
b) M. Dorsch, Dissertation Universität Würzburg, 1985

- 1-(8-Chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien und

40 1-(8-Chinoly1)-(2,3,4,5-tetramethyl)trimethylsilylcyclopentadien: M. Enders, R. Rudolph, H. Pritzkow Chem. Ber. (1996), 129, 459-463.

Analytik

45

NMR-Proben wurden unter Inertgas abgefüllt und gegebenenfalls eingeschmolzen. Als interner Standard dienten in den ^1H - und ^{13}C -NMR-Spektren die Lösungsmittelsignale, deren chemische Verschiebung auf TMS umgerechnet wurde. NMR-Messungen wurden an einem
5 Bruker AC 200 und, insbesondere COSY-Experimente, an einem Bruker AC 300 durchgeführt.

Massenspektren wurden an einem VG Micromass 7070 H und einem Finnigan MAT 8230 gemessen. Hochaufgelöste Massenspektren wurden an
10 den Geräten Jeol JMS-700 und VG ZAB 2F gemessen.

Elementaranalysen wurden an einem Heraeus CHN-O-Rapid bestimmt.

Der Comonomergehalt des Polymeren ($\%C_6$), dessen Methylseitenkettengehalt pro 1000 C-Atome der Polymerkette ($\text{CH}_3/1000$) und dessen
15 Dichte wurde durch IR Spectroskopie bestimmt.

Der η Wert wurde mit einem automatischen Ubbelohde Viskometer (Lauda PVS 1) mit Dekalin als Lösungsmittel bei 130 °C bestimmt
20 (ISO1628 bei 130°C, 0,001 g/ml Decalin).

Die Bestimmung der Molmassenverteilungen und der daraus abgeleiteten Mittelwerte M_n , M_w und M_w/M_n erfolgte mittels Hochtemperatur-Gelpermeations-chromatographie in Anlehnung an DIN 55672
25 unter folgende Bedingungen: : Lösungsmittel: 1,2,4-Trichlorbenzol, Fluß: 1ml/min, Temperatur: 140°C, Kalibrierung mit PE Standards.

Verwendete Abkürzungen:

30

Cp	Cyclopentadienyl
Me	Methyl
Ph	Phenyl
Kat.	Katalysator (der erfindungsgemäße Übergangsmetallkomplex)
35 get.Kat.	geträgerter Katalysator
T	Temperatur während der Polymerisation
t	Zeitdauer der Polymerisation
p	Druck während der Polymerisation
Mw	Gewichtsmittel des Molekulargewichts
40 Mn	Zahlenmittel des Molekulargewichts
Tm	Schmelztemperatur
η	Staudingerindex (Viskosität)
Dichte	Polymerdichte
$\text{CH}_3/1000$	Anzahl der Methylseitenketten pro 1000 C-Atomen
45 $\%C_6$	Comonomergehalt des Polymeren in Gew.-%
THF	Tetrahydrofuran
MAO	Methylaluminoxar

Allgemeine Synthesevorschrift:

Ligandsynthesen:

- 5 8-Bromchinolin bzw. N,N-Dimethylanilin wurde mit einer äquimolaren Menge n-BuLi versetzt und anschließend mit Tetramethylcyclopentenon bzw. 1-Indanon umgesetzt. Nach Hydrolyse und säurekatalysierter Wasserabspaltung wurde der entsprechende Ligand isoliert (Ausbeuten zwischen 40 und 70 %).

10

Komplexsynthesen:

Die Ligandanionen wurden durch Deprotonierung mit n-BuLi bzw. Kaliumhydrid hergestellt und mit dem entsprechenden Metall-

- 15 halogenid umgesetzt. Die Reinigung erfolgte durch Umfällen oder Umkristallisieren (Ausbeuten in der Regel ca. 60%).

Beispiel 1.

- 20 1.1. Darstellung von 1-(2-N,N-Dimethylaminophenyl)2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien

- Zu 30.0 g (0.25 mol) N,N-Dimethylanilin wurden bei 0°C 80.0 ml (0.20 mmol) n-BuLi in Hexan 2.5 M langsam zugetropft. Dann wurde
25 das Gemisch 52 Stunden am Rückfluß erhitzt. Nachdem die orange Lösung auf Raumtemperatur gekommen war, wurden langsam 27.6 g (0.20 mol) Tetramethylcyclopentenon und nochmals 48 h am Rückfluß gesiedet. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wurde die orange Suspension auf Eis gegossen und mit konz. Salzsäure auf pH = 2
30 gebracht. Die rote Lösung wurde 30 Minuten nachgerührt und mit konz. Ammoniaklösung alkalisch gemacht. Die organische Phase wurde von der wäßrigen getrennt und die wäßrige Phase mit Diethylether extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen wurden getrocknet und das Lösungsmittel im Vakuum abgezogen. Das
35 Rohprodukt wurde im Vakuum über eine 10 cm Vigreuxkolonne bei 110-115 °C /10⁻² mbar destilliert und so 14.2 g 1-(2-N,N-Dimethylaminophenyl)2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien (30 %) als orange farbenes Öl erhalten.

- 40 1.2. Darstellung von Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III)

- Eine Lösung von 1.66 mmol Lithium 1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl in 20 ml THF (aus 0.4 g
45 der entsprechenden Cyclopentadienverbindung (1.66 mmol) und 0.66 ml 2.5M BuLi in Hexan (1.66 mmol)) wurde bei Raumtemperatur zu einer Suspension von 0.6 g CrCl₃(THF)₃ (1.66 mmol) in 50 ml THF

21

mit einer Transferkanüle über ein Septum langsam zugetropft. Das Reaktionsgemisch wurde 12 Stunden gerührt und anschließend alle flüchtigen Bestandteile aus der blaugrünen Suspension im Hochvakuum entfernt. Der zurückbleibende Feststoff wurde in Toluol aufgenommen und filtriert. Nach mehrmaligem Extrahieren des Frittenrückstands mit heißem Toluol wurde das Lösungsmittel aus den vereinigten Extrakten entfernt. Das erhaltene blaugrüne Pulver wurde mit Hexan gewaschen und im Hochvakuum getrocknet. Kristalle des Produktes konnten aus einer Toluollösung bei -30°C erhalten werden. 0.47 g (79 %) Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III) wurden isoliert.

MS (EI): m/z (%) = 362 (10, M⁺); 326 (100, M⁺ - HCl); 311 (72, M⁺ - HCl, - CH₃); 290 (14, M⁺ - 2 HCl); 241 (32, CpMe₄(PhNMe₂)H⁺); 224 (CpMe₄(PhNMe₂)⁺ - CH₃, -H); 209 (CpMe₄(PhNMe₂)⁺ - 2CH₃, -H); 120 (10, N,N-Dimetylanilin⁺)

Beispiel 2.

20

Darstellung von Bis{[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]dicarbonylchrom(I)}

Chromhexacarbonyl (1.14 g, 5.17 mmol) wurde in 50 ml n-Decan suspendiert und 0.8 g 1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien (3.45 mmol) zugegeben. Nach langsamem Erwärmen auf 200 °C und Sieden am Rückfluß, entstand eine schwarzbraune Suspension. Danach wurde das n-Decan im Vakuum (5x10⁻¹ mbar, 60°C) entfernt, der Rückstand in Dichlormethan aufgenommen und auf eine Säule (12 cm, Al₂O₃, 5 % H₂O) aufgetragen. Es wurde mit Dichlormethan eine einzige, grüne Fraktion eluiert. Nach Entfernen des Lösungsmittels im Hochvakuum wurden 0.52 g Bis{[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]-dicarbonylchrom(I)} (22%) erhalten.

35

¹H-NMR: (200 MHz, CD₂Cl₂) δ = 1.64, 1.88 (s, 24 H, Cp-CH₃); 2.26 (s, 12 H, N-CH₃); 6.88 (d, 2 H, CHAr); 7.00 (t, 2 H, CHAr); 7.15-7.21 (m, 2 H, CHAr); 7.53 (d, 2 H, CHAr).

¹³C-NMR: (50 MHz, CD₂Cl₂) δ = 9.74, 10.22 (Cp-CH₃); 29.69 101.07 (Cp, q); 42.68 (N-CH₃); 124.8, 101.3 (C_{Ar}, q); 117.6, 120.8, 128.15, 135.98 (C_{Ar}, t).

40

MS (EI): m/z (%) = 669 (78, M⁺ - CO, +H), 584 (52, M⁺ - 4 CO), 290 (100, M⁺ / 2 - 2CO - 2H), 241 (20, CpMe₄(PhNMe₂)⁺)

FT-IR: (CH₂Cl₂) ν (cm⁻¹) = 1849.5 (vs, ν_{M-C=O}), 1875.5 (m, ν_{M-C=O})

45

Beispiel 3.

Photochemische Darstellung von Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylamino-phenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III)

Eine Lösung von 0.15 g Bis{[1-(2-N,N-dimethylaminophe-
5 nyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]-dicarbonyl-chrom (I)}
(0.21 mmol) in 50 ml Dichlormethan wurde 48 Stunden mit einer
Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt. Man beobachtete eine Farb-
änderung der anfangs grünen Lösung nach blau. Nach beendeter Be-
strahlung wurde das Reaktionsgemisch im Vakuum eingeengt und bei
10 Raumtemperatur mit Hexan überschichtet. Aus der Hexanschicht kri-
stallisierten blaue Nadeln aus. Die EI-massenspektroskopische
Analyse dieser ergab, daß es sich um den Komplex
Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclo-
pentadienyl]chrom(III) (0.05 g, 32 %) handelte.

15

Beispiel 4.

Darstellung von 1-[2-(N,N-Dimethylaminophenyl)]inden

20 Zu 18 g N,N-Dimethylanilin (0.14 mmol) wurde bei Raumtemperatur
unter Rühren 36 ml n-BuLi (2.5 M in Hexan, 0.09 mmol) zugetropft.
Nach beendeter Zugabe wurde 72 Stunden bei 100°C am Rückfluß ge-
siedet. Es entstand eine gelbe Suspension, in die unter Eis-
kühlung 11.8 g 1-Indanon (0.09 mmol) in 30 ml THF zugetropft
25 wurde. Dann wurde erneut drei Stunden am Rückfluß gekocht. Nach
Abkühlen auf Raumtemperatur wurde Eis und dann Salzsäure bis pH 1
zugegeben und 30 Minuten gerührt. Anschließend wurde mit
Ammoniaklösung neutralisiert und nochmals eine halbe Stunde ge-
rührt. Die Phasen wurden getrennt, die wäßrige mit Diethylether
30 extrahiert, die vereinten organischen Phasen getrocknet, fil-
triert und im Vakuum zur Trockene eingeengt. Als Rohprodukt fiel
die Hydroxyverbindung an, die durch nochmalige Behandlung mit
Salzsäure bis pH = 0, zwei Stunden Erhitzen am Rückfluß und an-
schließender Neutralisation und Destillation bei 125°C/ 7x10⁻²
35 mbar 3.1 g 1-[2-(N,N-Dimethylaminophenyl)]inden (14 %) als brau-
nes Öl lieferte.

MS (EI): m/z (%) = 235 (M⁺, 100.0), 220 (M⁺ - CH₃, 52).

40 Beispiel 5.

Synthese von 1-(8-Chinoly1)-2,3-dimethylcyclopentadien

5 ml n-BuLi (2.5 M in Hexan, 12.5 mmol) wurden bei -95°C zu einer
45 Lösung von 2.5 g 8-Bromchinolin (12 mmol) in 120 ml THF zuge-
tropft, 15 Minuten gerührt und anschließend 1.3 g 2,3-Dimethylcy-
clopent-2-enon (12 mmol), gelöst in 10 ml THF, zugegeben. Nach

Erwärmen auf Raumtemperatur wurde die Lösung eine Stunde am Rückfluß erhitzt. Die abgekühlte Reaktionsmischung wurde mit Eis hydrolysiert, mit Salzsäure angesäuert und dann mit Ammoniaklösung neutralisiert. Die wäßrige Phase wurde mit Diethylether
5 extrahiert und die vereinigten organischen Phasen werden getrocknet. Nach Destillation bei 150°C/ 0.05 mbar wurden 1.1 g 1-(8-Chinoly1)-2,3-dimethylcyclopentadien (40 %) als gelbes, viskoses Öl erhalten.

- 10 ¹H-NMR: (200 MHz, CDCl₃) δ = 1.90 (s, 3H, CH₃); 2.03 (s, 3H, CH₃); 3.59 (m, 2H, CH₂); 6.19 (s, 1H, CH); 7.32 - 7.73 (m, 4H, Chinolin-H); 8.13 (dd, 1H); 8.89 (dd, 1H).
13C-NMR: (50 MHz, CDCl₃) δ = 12.4, 14.1 (CH₃); 44.4 (CH₂); 120.5, 125.8, 126.3, 127.1, 129.8, 135.9, 149.4 (CH); 128.5,
15 135.9, 139.1, 140.0, 143.8, 146.8 (quart. C).
MS (EI): m/z (%) = 221 (86) [M⁺]; 220 (100) [M⁺ -H]; 206 (31) [M⁺ -CH₃]; 191 (9) [M⁺ -2CH₃].

Beispiel 6.

20

Darstellung von Dichloro-[1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III) aus 1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]Kalium

- 25 Es wurden 0.06 g Kaliumhydrid (1.61 mmol) in 20 ml THF vorgelegt und 0.4 g 1-(8-Chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien (1.61 mmol) unter Rühren zugegeben. Nach drei Stunden Rühren schied sich ein roter Feststoff aus der Lösung ab. Diese Suspension wurde mit einer Transferkanüle in eine Mischung aus 0.6 g
30 CrCl₃(THF)₃ in 20 ml THF bei Raumtemperatur überführt. Nach 16 Stunden rühren, wurde das THF im Hochvakuum entfernt und der Feststoff in Toluol aufgenommen. Das unlösliche Kaliumchlorid wurde abgetrennt. Das Lösungsmittel wurde entfernt, der Rückstand mit Hexan gewaschen und im Hochvakuum getrocknet. Das Produkt
35 wurden 0.4 g grünes Pulver in 70% Ausbeute isoliert.

MS (EI): m/z (%) = 370 (12, M⁺); 334 (19, M⁺-Cl); 249 (99, Me₄C₅(Chinolin)⁺-H)

HR-EI-MS: 370.02213 (ber.), 370.02203 (gem.).

40

Beispiel 7.

Darstellung von Dichloro-[1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III) aus 1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethyl

- 45 trimethylsilylcyclopentadien

24

Es wurden 0.08 g $\text{CrCl}_3(\text{THF})_3$ (0.23 mmol) in 20 ml Toluol suspendiert und 0.08 g 1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethyl-trimethylsilylcyclopentadien (0.23 mmol) zugegeben. Das Reaktionsgemisch wurde drei Stunden am Rückfluß erhitzt und nach weiteren 16 Stunden Rühren bei Raumtemperatur das Toluol im Hochvakuum abdestilliert. Das erhaltene grüne Pulver wurde mit Hexan gewaschen und im Hochvakuum getrocknet.

MS (EI): m/z (%) = 370 (12, M^+); 334 (19, $\text{M}^+ - \text{Cl}$); 249 (99, $\text{Me}_4\text{Cp}(\text{Chinolin})^+ - \text{H}$)

Beispiel 8.

1-(8-Chinoly1)indenylchrom(III)dichlorid

15

8.1. Darstellung von 1-(8-Chinoly1)inden

8-Bromchinolin (10.4 g, 50 mmol) wurde in 100 ml THF vorgelegt und auf etwa -100°C gekühlt. 20 ml n-BuLi (2.5M in Hexan, 50 mmol) wurden zugetropft, wobei die Innentemperatur unter -80°C gehalten wurde. Nach beendeter Zugabe wurde weitere 15 min bei -80°C gerührt und dann 6.6 g 1-Indanon (50 mmol), gelöst in 30 ml THF, zugetropft. Danach ließ man das Reaktionsgemisch langsam auf Raumtemperatur kommen und erhitze dann 3 h unter Rückfluß. Nachdem die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt war, wurde zunächst Eis und dann Salzsäure bis etwa pH 1 zugegeben und 30 min gerührt. Wäßrige und organische Phase wurden getrennt, die wäßrige Phase mit Ammoniaklösung bis etwa pH 9 versetzt, mit Ether extrahiert und die vereinigten organischen Phasen anschließend im Vakuum zur Trockene eingeengt. Das so erhaltene viskose Öl (1-(8-Chinoly1)-indan-1-ol ($8\text{H}_2\text{O}$)) wurde mit Salzsäure bis pH 0 versetzt, 2 Stunden unter Rückfluß erhitzt und anschließend neutralisiert. Nach Aufarbeiten und Trocknen wurden 6.6 g 1-(8-Chinoly1)inden (55%) als farbloser Feststoff isoliert.

35

1-(8-Chinoly1)-indan-1-ol ($8\text{H}_2\text{O}$)

$^1\text{H-NMR}$: (200 MHz, CDCl_3) δ = 2.58 - 2.87 (m, 3H, CH_2); 6.94 (dd, 1H, Chinolin CH); 7.24 - 7.36 (m, 4H, CH); 7.44 - 7.50 (m, 2H, H3, H6); 7.70 (dd, 1H, Chinolin CH); 8.23 (dd, 1H); 8.66 (s, br, 1H, OH); 8.92 (dd, 1H).
 $^{13}\text{C-NMR}$: (200 MHz, CDCl_3) δ = 30.2, 44.8 (CH_2); 87.2 (COH); 120.8, 124.7, 125.1, 126.4, 126.9, 127.2, 127.5, 128.2, 137.9, 147.7 (CH); 127.4, 129.2, 142.6, 143.8, 146.7 (quart. C).

45

1-(8-Chinoly1)inden

Smp.: 108°C .

25

$^1\text{H-NMR}$: (200 MHz, CDCl_3) δ = 3.69 (d, 2H, CH_2); 6.80 (t, 1H, =CH);
7.12 - 7.26 (m, 3H); 7.41 (dd, 1H); 7.55 - 7.64 (m, 2H);
7.81 - 7.88 (m, 2H); 8.21 (dd, 1H); 8.92 (dd, 1H).

$^{13}\text{C-NMR}$: (50 MHz, CDCl_3) δ = 38.8 (CH_2); 121.0, 121.2, 123.8,
124.5, 125.8, 126.3, 127.8, 130.0, 133.5, 136.1, 150.0
(CH); 128.6, 135.9, 143.7, 144.0, 145.6, 146.7 (quart. C).

MS (EI): m/z (%) = 243 (65) [M^+]; 242 (100) [$\text{M}^+ - \text{H}$].

HR-MS (EI): 243.1048 (ber.), 243.1038 (gef.).

10 C,H,N-Analyse: ber.: 88.86% C, 5.39% H, 5.75% N
gef.: 87.55% C, 5.52% H, 5.92% N.

8.2. Darstellung von Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom(III):

15 In 20 ml THF wurden 0.05 g Kaliumhydrid (1.23 mmol) suspendiert
und 0.3 g 1-(8-Chinoly1)inden (1.23 mmol) langsam zugegeben. Die
so erhaltene violette Suspension wurde nach dreistündigem Rühren
bei Raumtemperatur zu einer Mischung von 0.46 g Chrom(III)chlo-
20 ridx3THF (1.23 mmol) in 50 ml THF getropft und nach beendeter Zu-
gabe noch 16 Stunden gerührt. Das Lösungsmittel wurde im Vakuum
entfernt und der so erhaltene Feststoff mit heißem Toluol extra-
hiiert. Nach Abdestillieren des Solvens aus den vereinten Extrak-
ten fiel das Produkt als grünes Pulver an, das mehrmals mit Hexan
25 gewaschen und im Hochvakuum getrocknet wurde. 0.22 g
Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom(III) (50%) wurden erhalten.

Alternativ konnte der Rückstand auch in Methylenchlorid aufgenom-
men werden und nach Abtrennung von Kaliumchlorid und Entfernen
30 des Lösungsmittels wurde ebenfalls der Chromkomplex erhalten.

MS (EI): m/z (%) = 364 (0.2, M^+); 329 (0.1, $\text{M}^+ - \text{Cl}$); 242 (100,
Ind(Chinolin) $^+$)

35 HR-EI-MS: 363.97519 (ber.), 363.97615 (gem.)

Beispiel 9.

9.1. Darstellung von 1-(8-Chinoly1)-2-methylinden

40 Zu 3.50 g o-Bromchinolin (16.8 mmol) gelöst in 50 ml THF wurden
bei 100°C 6.70 ml n-BuLi (16.8 mmol) zugetropft und anschließend
bei 80°C 15 Minuten gerührt. Dann wurde eine Lösung aus 50 ml THF
und 2.45 g 2-Methyl-1-indanon (16.8 mmol) innerhalb von 10 Minu-
45 ten dem lithiierten Bromchinolin zugefügt. Man ließ auf Raumtem-
peratur kommen und siedete die Lösung drei Stunden am Rückfluß.
Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wurde mit Eis und Salzsäure auf

pH 1 angesäuert und anschließend 3 Stunden am Rückfluß gekocht. Man stellte das Reaktionsgemisch mit Ammoniaklösung auf pH 9 ein und extrahierte die wässrige Phase mit Diethylether. Die vereinigten organischen Phasen wurden getrocknet und das Lösungsmittel entfernt. Die Reinigung des Rohprodukts erfolgte durch Destillation im Vakuum bei 150-160°C 10⁻² mbar. 1.5 g 1-(8-Chinolyl)-2-methylinden (45 %) wurden als ein gelbes zähes Harz erhalten.

10 9.2. Darstellung von Dichloro-[1-(8-chinolyl)-2-methylindenyl]chrom(III)

1-(8-Chinolyl)-2-methylinden (0.3 g, 1.16 mmol) wurden unter Eiskühlung zu einer Suspension von 0.04 g Kaliumhydrid (1.16 mmol) in 10 ml THF getropft. Dann wurde auf Raumtemperatur erwärmt und drei Stunden gerührt. Die tief violette Lösung wurde bei -30°C zu CrCl₃(THF)₃ in 20 ml THF getropft. Nach beendeter Zugabe wurde die Reaktionsmischung aufgewärmt, das Lösungsmittel im Vakuum entfernt, der Rückstand mit warmem Toluol extrahiert und ausgefallenes Kaliumchlorid abfiltriert. Nach Entfernen des Solvens im Hochvakuum wurden 0.35 g Dichloro-[1-(8-chinolyl)-2-methylindenyl]chrom (III) (79 %) als ein grünes Pulver erhalten.

Beispiel 10.

25

10.1. Darstellung von 1-(2-Methyl-8-chinolyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien

Eine Lösung von 4.4 g 8-Brom-2-methylchinolin (20 mmol) in 50 ml THF wurde auf -78°C gekühlt und 8.8 ml n-BuLi (2.5 M in Hexan, 22 mmol) unter Rühren zugetropft. Nach 10 min Rühren wurden 3.5 g 2,3,4,5-Tetramethylcyclopentenon (25 mmol) zugetropft, die Lösung auf Raumtemperatur erwärmt und eine Stunde unter Rückfluß erhitzt. Die Lösung wurde abgekühlt, Eis und Salzsäure bis etwa pH 1 zugegeben, und nach Neutralisieren mit Ammoniaklösung wurden die Phasen getrennt und die wässrige Phase mit Pentan extrahiert. Nach Trocknen der vereinigten organischen Extrakte wurde das Pentan im Vakuum entfernt, und das verbleibende braune Öl im Hochvakuum destilliert (Sdp.: 115°C / 0.01 mbar).

40 1-(2-Methyl-8-chinolyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadien wurde als gelbes, viskoses Öl in 60 % Ausbeute (3.2 g) erhalten.

¹H-NMR: (200 MHz, CDCl₃) δ = 6a: 1.55 (s, 6H); 1.78 (s, 6H); 2.64 (s, 3H); 5.53 (s, 1H); 6.84 (dd, 1H); 7.12 - 7.50 (m, 3H); 7.90 (d, 1H).

45

27

6b: 0.71 (d, $^3J(\text{H,H}) = 7.6 \text{ Hz}$, 3H); 1.82 (s, 3H); 1.87 - 1.88 (m, 6H); 2.58 (s, 3H); 4.20 (m, 1H); 7.09 - 7.55 (m, 4H); 7.89 (d, 1H).

- 5 ^{13}C -NMR: (50 MHz, CDCl_3) δ = 6a: 11.2, 11.3 (CH_3); 25.6 (Chinolin CH_3); 56.3 (allyl CH); 121.3, 125.7, 126.4, 130.5, 136.2 (chinolin CH), 135.6, 138.9, 139.0, 1412.8, 147.0, 157.4 (quart. C).
6b: 12.0, 12.2, 13.0, 14.2 (CH_3); 25.7 (Chinolin CH_3);
10 52.1 (allyl CH); 121.4, 125.0, 125.3, 125.8, 136.0 (Chinolin CH); 126.7, 126.8, 131.2, 134.6, 138.4, 142.7, 146.7, 157.8 (quart. C).

- MS (EI): m/z (%) = 263 (85) [M^+]; 262 (100) [$\text{M}^+ - \text{H}$]; 248 (98) [$\text{M}^+ - \text{CH}_3$];
15 232 (20) [$\text{M}^+ - \text{H} - 2\text{CH}_3$]; 218 (10) [$\text{M}^+ - 3\text{CH}_3$].

HR-MS (EI): 263.1674 (ber.), 263.1647 (gef.)

- 10.2. Darstellung von Dichloro \pm [1-(2-Methyl-8-chino-
20 lyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III)

- Es wurden 0.3 g 1-(2-Methyl-8-chinolyl)-2,3,4,5-tetramethyl-cyclopentadien (1.14 mmol) in 30 ml THF mit 0.45 ml n-Butyllithium (2.5M in Hexan, 1.14 mmol) deprotoniert. Nach zwei Stunden Röh-
25 ren tropfte man die rote Lösung zu einer Suspension aus Chrom(III)chlorid in 20 ml THF. Nach 16 Stunden Röhren bei Raumtemperatur wurden die Solventien abkondensiert und der so erhaltene Rückstand in 20 ml Toluol aufgenommen. Die grüne Suspension wurde filtriert und der Rückstand mehrmals mit heißem
30 Toluol extrahiert. Nach üblicher Aufarbeitung fiel das Produkt als grünes Pulver (0.22 g) in 50 % Ausbeute an.

- MS (EI): m/z (%) = 384 (54, M^+); 348 (100, $\text{M}^+ - \text{Cl}$); 263 (62, $\text{M}^+ - 2\text{Cl} - \text{Cr} + 2\text{H}$); 248 (49, $\text{M}^+ - 2\text{Cl} - \text{Cr} - \text{CH}$).
35

HR-EI-MS: 384.03778 (ber.), 384.03775 (gem.).

Beispiele 11 bis 27

- 40 Polymerisation mit Ethen

Die in Tabelle 1 aufgeführten Polymerisationsbeispiele wurden bei einem Ethendruck von 1 bar in einem 50 bzw. 250 ml Kolben mit Überdruckventil durchgeführt.

Die Komplexe wurden in der jeweiligen Menge Toluol suspendiert und mit der entsprechenden Menge Methylaluminumoxan aktiviert, worauf sich homogene violette Lösungen bildeten. Ethen wurde dann unter Rühren übergeleitet. Das Reaktionsgefäß wurde mit einem Wasserbad bei der angegebenen Temperatur gehalten. Nach Beendigung der Polymerisation wurden die erhaltenen Polymere mit salzsaurem Methanol zehn Minuten gerührt. Das Polyethylen fiel als weißer Feststoff an, der abfiltriert, mit Methanol gewaschen und bei 90°C getrocknet wurde.

10

In den Beispielen 11 bis 16 wurde der Komplex aus Beispiel 1: Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III), in den Beispielen 17 bis 20 der Komplex aus Beispiel 6: Dichloro-[1-(8-chinolyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III) und in den Beispielen 21 bis 27 der Komplex aus Beispiel 8: Dichloro-[1-(8-chinolyl)indenyl]chrom(III) verwendet.

20

25

30

35

40

45

Tabelle 1: Polymerisation von Ethen

Bsp.	Menge Kat. [mmol] / [mg]	T [°C]	t [min]	PE [g]	Toluol [ml]	Aktivität [kg/molCr.h]	Al:Cr	M _w [g/mol]	M _w /M _n	T _m [°C]	η [dl/g]
11	0.11/40	21	30	2.45	30	44.5	1000:1			106	
12	0.027/10	21	20	2.08	30	85.0	100:1			125-129	
13	0.0027/1	21	30	1.82	30	1398	1000:1				
14	0.0054/2	21	30	3.66	30	1392	1000:1	0.4 • 10 ⁵	24.5	128	0.27
15	0.0054/2	21	30	3.62	30	1407	1000:1				
16	0.0054/2	21	30	10.20	200	3715	1000:1				
17	0.067/25	21	30	0.85	30	25.4	100:1			125	
18	0.027/10	21	30	5.00	30	1370	1000:1			122-125	
19	0.0027/1	21	45	4.97	30	2365	1000:1			126-130	
20	0.0027/1	21	30	1.62	30	1237	1000:1		5.58	127	1.87
21	0.013/5	21	10	1.35	30	623	100:1	115159	7.63	132	2.84
22	0.0054/2	21	15	1.38	30	1027	1000:1				
23	0.0054/2	21	30	10.20	200	3715	1000:1	221176	47.3	125-130	3.16
24	0.0054/2	120	15	0.90	200	666	1000:1				
25	0.0054/2	120	30	1.06	200	314	1000:1				
26a)	0.0054/2	120 21	15 +15	1.70	200	633	1000:1				
27	0.0054/2	21	30	1.79	30	1325	1000:1	219141	2.17	130-135	2.16

a) Die Polymerisation wurde erst 15 Minuten bei 120°C und dann 15 Minuten bei 21°C durchgeführt

Beispiel 28.

Copolymerisation von Ethen mit 1-Hexen unter Verwendung von
5 1-(8-Chinoly1)indenylchrom(III)dichlorid als Katalysator.

Der Versuch wurde analog den Beispielen 11 bis 27 in Anwesenheit von 10 ml 1-Hexen durchgeführt. 2 mg (0.0054 mmol) Chromkomplex aus Beispiel 8 in 100 ml Toluol wurden hierbei verwendet. Das
10 Verhältnis Al:Cr betrug 1000:1. Die Polymerisation wurde nach 30 Minuten abgebrochen. Es wurde 3.09 g Copolymer isoliert. Dies entspricht einer Aktivität von 1144 g Polymer/(mmol·bar·h).

Beispiele 29 bis 51

15

Polymerisation von Ethen und Copolymerisation von Ethen mit 1-Hexen

Die Polymerisationsversuche wurden in einem mit Kontaktthermometer, Rührer mit Teflonblatt, Heizpilz und Gaseinleitungsrohr versehenen 11-Vierhalskolben durchgeführt. Unter Argon wurde jeweils zwischen 5 bis 20 µmol der Komplexe in 250 ml Toluol bei 40°C vorgelegt.

25 Bei der Aktivierung mit MAO wurde jeweils die in Tabelle 2 angegebene Menge 1,6 M MAO Lösung in Toluol zugegeben.

Bei der Aktivierung mit Borat wurde die in Tabelle 2 angegebene Menge an DMAB (Dimethylanilinium-tetrakis(pentafluorophenyl)borat) zugegeben, auf 70°C erhitzt und anschließend mit
30 TiBA1 (Triisobutylaluminium) versetzt. Die Lösung wurde danach auf 40°C abgekühlt und dann ca. 20 bis 40 l/h Ethylen bei Atmosphärendruck für eine Stunde durchgeleitet. Bei den Copolymerisationsversuchen wurden vor der Ethylenzugabe 5ml Hexen vorgelegt und
35 anschließend Ethylen durchgeleitet. Die Restmenge an Hexen wurde innerhalb von 15 min über einer Tropftrichter zudosiert.

Die Reaktion wird durch Zugabe eines Gemisches aus 15 ml konzentrierter Salzsäure und 50 ml Methanol abgestoppt und 15 min nachgerührt. Nach Zugabe von weiteren 250 ml Methanol und 15 min rühren, wurde abfiltriert, dreimal mit Methanol gewaschen und bei 40 70°C getrocknet. In Tabelle 2 sind die Polymerisations- bzw. Produktdaten zusammengefaßt.

45 In Beispiel 29 wurde der Komplex aus Beispiel 1:
Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III), in den Beispielen 30 bis 34 der Komplex

31

aus Beispiel 6: Dichloro-[1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III), in den Beispielen 35 bis 45 der Komplex aus Beispiel 8: Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom(III), in den Beispielen 46 bis 49 der Komplex aus Beispiel 9:

5 Dichloro-[1-(8-chinoly1)-2-methylindenyl]chrom(III) und in den Beispielen 50 bis 51 der Komplex aus Beispiel 10:

Dichloro±[1-(2-Methyl-8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III) verwendet.

10

15

20

25

30

35

40

45

Tabelle 2: Polymerisations- bzw. Produktdaten der Beispiele 29 bis 51

Rsp.	Menge Kat. [mg] (μ mol)	MAO [mmol]	Al:Cr	Cr:B	Hexen [ml]	T [°C]	Aktivität [kg/ molCrh]	Ausbeute [g] ([min])	Dichte [g/ cm ³]	η [dl/g]	M _w [g/mol]	M _n [g/mol]	M _w / M _n	% C ₆	m.p. [°C]	CH ₃ / 1000C
29	5,46 (15)	5,3	350	-	-	40	246	3,7 (60')	-	15,2	-	-	-	-	-	-
30	5,56 (15)	5,3	350	-	-	40	946	14,2 (60')	-	1,74	103001	14733	6,99	-	-	-
31	7,1 (19)	6,7	350	-	30	40	2620	24,9 (30')	0,919	0,88	36139	10900	3,32	8,7	113,7	15,9
32	3,4 (9,1)	-	80	1:1,4	20	40	4560	8,3 (12')	0,914	4,05	350022	120280	2,91	5,4	116,6	10,2
33	5,0 (13,5)	8	595	-	30	40	2230	30,0 (60')	0,927	0,82	21400	8824	2,43	6,7	113,7	13,6
34	2,1 (5,6)	-	280	1:1,7	30	40	904	5,1 (60')	0,919	2,52	127045	31311	4,06	4,3	117,6	8,9
35	5,5 (15)	5,3	350	-	-	35	107	1,6 (60')	-	22,5	-	-	-	-	-	-
36	6,1 (16,7)	8,5	510	-	30	60	1400	23,4 (60')	0,881	2,15	132567	49540	2,68	20	61,3	37,1
37	5,8 (15,8)	8	500	-	30	-	1020	16,1 (60')	0,884	6,40	740298	224534	3,3	13	90,9	23,5
38	2,3 (6,3)	3,15	500	-	30	52	873	5,5 (60')	0,904	11,6	-	-	-	5,9	120	12-
39	1,2 (3,3) ^{a)}	6,2	1870	-	30	40	9700	32 (15')	0,9053	11,8	-	-	-	6,4	99,7	12,6
40	1,9 (5,2)	3,0	570	-	30	40	6165	16 (30')	0,9021	10,1	-	-	-	7,3	97,0	20,5
41	2 (5,4)	2,7	500	-	30	40	4440	12 (30')	0,9014	10,5	-	-	-	7,8	106,4	14,1
42	3,6 (9,8)	4,9	500	-	-	40	1470	7,2 (30')	0,9042	8,92	-	-	-	6,0	111,6	10,0
43	2,5 (6,8)	3,4	500	-	-	40	4765	8,1 (15')	0,9377	10,2	-	-	-	-	142,6	>1
44	1,9 (5,2)	0,78	150	1:2,2	-	40	385	2,0 (60')	0,931	26,9	-	-	-	-	138,6	>1

Bsp.	Menge Kat. [mg] (μ mol)	MAO [mmol]	Al:Cr	Cr:B	Hexen [ml]	T [°C]	Aktivität [kg/ mol(Cr-h)]	Ausbeute [g] ([min])	Dichte [g/ cm ³]	η [dl/g]	M _w [g/mol]	M _n [g/mol]	M _w / M _n	% C ₆	m.p. [°C]	CH ₃ / 1000C
45	2,05 (5,5)	19,4	3520	-	-	40	2180	6,0 (30')	0,9302	9,56	-	-	-	-	137,4	>1
46	2,0 (5,4)	5,4	1000	-	-	25	1000	1,37 (15')	-	5,78	-	-	-	-	-	-
47	2,0 (5,4)	5,4	1000	-	-	25	670	0,7 (15')	-	11,75	-	-	-	-	-	>1
48	2,80 (7,4)	3,7	500	-	30	40	460	1,7 (30')	0,907	11,8	-	-	-	3,7	110,5	7,6
49	3,6 (9,5)	150	150	1:2	30	40	190	0,9 (30')	0,9027	19,4	-	-	-	4,0	110,4	4,9
50	2,0 (5,2)	5,2	1000	-	-	25	410	1,1 (15')	-	1,13	-	-	-	-	-	-
51	2,1 (5,4)	5,4	1000	-	-	25	670	1,8 (30')	-	1,21	-	-	-	-	-	-

a) Der Komplex wurde in 1 ml 4.8 molare MAO in Toluol gelöst und mit 3 ml Toluol verdünnt, anschließend zum 250 ml Toluol im Autoklaven für die Polymerisation zugegeben

Beispiele 52 bis 56.

Autoklaven Coolymerisationen von Ethylen mit 1-Hexen

5

In einem 1-l-Stahlautoklaven wurden die in Tabelle 3 angegebenen MAO Mengen (1.6 M in Toluol), 300 ml Toluol und 50 ml Hexen vorgelegt. Der Autoklav wurde auf die in Tabelle 3 angegebene Temperatur gebracht und der in Toluol gelöste Katalysator mit

10 Ethylen über eine Schleuse zudosiert, so daß der gewünschte Ethylendruck gleichzeitig eingestellt wurde.

Die Daten zu den Polymerisationsbedingungen und den Produkteigenschaften können aus Tabelle 3 entnommen werden.

15

In den Beispielen 52 bis 54 wurde der Komplex aus Beispiel 6: Dichloro-[1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III), in Beispiel 55 der Komplex aus Beispiel 1: Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl] chrom(III) und in Beispiel 56 der Komplex aus Beispiel 8: Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom(III) verwendet.

25

30

35

40

45

Tabelle 3: Polymerisations- bzw. Produktdaten der Beispiele 52 bis 56

Rsp.	Menge Kat. [mg] ([mol])	MAO [mmol]	Al:Cr	T (p) [°C] ([bar])	Produkt- tivität [g/g get. Kat]	Aktivität [kg/molCr·h]	Ausbeute [g] ([min])	Dichte [g/cm ³]	η [dl/cm ³]	% C ₆	CH ₃ /1000C
52	1.4* (4)	0.765	190	60 (40)	24290	108470	34 (5')	0.9257	11.0	1.3	3.1
53	0.195 (0.5)	0.765	1530	70 (20)	246150	1832000	48 (3')	0.9304	5.32	0.8	2.5
54	1.130 (0.35)	0.765	2170	70 (10)	251280	336000	49 (25')	0.9294	3.02	1	2.8
55	0.5 (1.37)	0.765	550	80 (40)	74000	270070	37 (6')	0.9498	1.41	1.1	2.2
56	1.2 (3.3)	0.765	230	70 (20)	15830	115150	19 (3')	0.9195	12.05	~0.8	2.3

*Der Komplex wurde als Pulver eingeschossen.

Beispiel 57 bis 60.

Polymerisation von Propen

5

Die entsprechenden Chromkomplexe wurden in 30 ml Toluol suspendiert und mit der entsprechenden Menge MAO (Tabelle 4) in einem Stickstoffkolben versetzt. Das Propen wurde bei Raumtemperatur mit einem Gasdruck von 1 bar über ein Gaseinleitungsrohr in das Reaktionsgemisch eingeleitet. Nach der Reaktion wurde das Rohprodukt mit salzsaurem Methanol auf pH 1 gebracht. Nach Trocknung der organischen Phase erhielt man die Polymere als farblose Feststoffe.

15 In Beispiel 57 wurde der Komplex aus Beispiel 1:

Dichloro-[1-(2-N,N-dimethylaminophenyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III), in Beispiel 58 der Komplex aus Beispiel 6: Dichloro-[1-(8-chinoly1)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III) und in den Beispielen 59 bis 60 der Komplex aus

20 Beispiel 8: Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom(III) verwendet. Die Polymerisationsdaten können der Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Polymerisationsdaten der Beispiele 57 bis 60

25	Bsp.	Menge Kat. [mmol]/[mg]	t [min]	Ausbeute [g]	Aktivität [g PP/mmol Kat. h bar]	Al:Cr
	57	0.09/33	90	0.53	3.92	100:1
	58	0.005/2	120	1.20	111	100:1
30	59	0.0054/2	240	1.06	50	1000:1
	60	0.016/6	90	0.36	15	100:1

Das Polypropylen aus Beispiel 60 ist wie folgt charakterisiert:

35 M_w : 82024; M_n : 7197; M_w/M_n : 11.4; Viskosität η : 0.53.

Beispiel 61.

Polymerisation von 1-Hexen

40

Der Komplex aus Beispiel 8: Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom(III) (2 mg, 5.4 μ mol) wurde mit 10 ml 1-Hexen suspendiert und mit 5.4 mmol Methylaluminoxan (1.6 M in Toluol) in einem 50 ml Stickstoffkolben versetzt und 24 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Beendigung der Polymerisation wurde das Reaktionsgemisch mit salzsaurem Methanol auf pH 1 eingestellt und

45

37

die organische Phase im Vakuum getrocknet. Der Komplex ist in der Lage Hexen zu polymerisieren.

Beispiel 62 und 63

5

Polymerisation von Ethen in Anwesenheit von H₂

Die Polymerisationen wurden analog den Beispielen 29 bis 51 durchgeführt. Zusätzlich wurde H₂ bei Atmosphärendruck mit ca. 10 l/h durchgeleitet. In Beispiel 62 wurde Ethen in Anwesenheit von dem Komplex aus Beispiel 6 (5,2 mg) und Methylalumoxan (Al:Cr = 350:1) bei 40°C für 25 min polymerisiert. Es konnten 7g PE erhalten werden. Dies entspricht einer Aktivität von 1200 g PE/mmolCr·h. Das Polymer besaß eine Dichte von 0,9426 g/cm³ und eine Viskosität von 5,51 dl/g.

In Beispiel 63 wurde der Komplex aus Beispiel 8 (6 mg) mit Methylaluminoxan (Al:Cr = 500:1) bei 40°C verwendet. Nach 15 min Polymerisationszeit konnten 1,2 g PE isoliert werden. Dies entspricht einer Aktivität von 350 g PE/mmolCr·h. Das Polymer besaß eine Dichte von 0,9296 g/cm³ und eine Viskosität von 17,9 dl/g.

Beispiel 64 (Vergleichsversuch)

25 Dichloro-[(2-Dicyclohexylphosphinoethyl)cyclopentadienyl]chrom wurde entsprechend DE 197 106 15 dargestellt. 3,1 mg dieses Komplexes wurden analog der Beispiele 62 und 63 mit Methylaluminoxan (Al:Cr = 350:1) bei 40°C mit einem Ethen/H₂ Gemisch kontaktiert. Es konnte keine Polymerisation beobachtet werden (der Komplex war ohne H₂ polymerisationsaktiv mit einer Aktivität von 125 g PE/mmol/Cr·h unter ansonsten gleichen Bedingungen).

Beispiele 65-81: Trägerung auf Kieselgel

35 Als Kieselgel wurde ES70X der Firma Crossfield verwendet.

Beispiel 65

Zu 233 mg Dichloro-[1-8-chinoly]-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienyl]chrom(III)·LiCl teilweise gelöst in 40 ml Toluol wurden 18,8 ml MAO (30 Gew.-% in Toluol) (50 mmol) gegeben und 15 Minuten bei Raumtemperatur gerührt. Dann wurden 8,2 g Kieselgel (130°C calciniert) zum Reaktionsgemisch zugegeben und die so erhaltene Suspension 3 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Dann wurde der Feststoff abfiltriert und anschließend zweimal mit Heptan gewaschen. Der so isolierte Feststoff wurde im Vakuum getrocknet.

Ausbeute 17,5 g geträgerter Katalysator. Die Beladung beträgt 70 μmol pro g Träger, mit Al:Cr der Einsatzstoffe von 150:1.

Beispiel 66

5

Die Trägerung aus Beispiel 65 wurde mit 2,21 g des Kieselgels, 68,1 Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom-KCl, 5 g MAO (30 Gew.-% in Toluol) und 10 ml Toluol durchgeführt. Man erhielt 4,8 g geträgerten Katalysator mit einer Beladung von 70 μmol Cr pro g

10 Träger (Al:Cr = 150:1).

Beispiel 67

80,2 mg Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom-KCl wurde n 4,8 ml MAO (30 Gew.-% in Toluol) (Cr:Al = 1:120) und 0,3 ml Toluol gelöst. Nach 15 min Rühren wurde die Lösung langsam unter Rühren zu 2,6 g des Kieselgels getropft. Nach einer Stunde Rühren wurde das Lösungsmittel im Vakuum entfernt. Man erhielt 4,7 g des geträgerten Katalysators mit einer Beladung von 70 μmol Cr pro g

20 Träger.

Beispiel 68

In eine Rührapparatur wurden 5,3 g des Kieselgels (6 h/130°C/Vakuum) eingefüllt.

In einem Kolben wurden nacheinander 140,1 mg Dichloro-[1-(8-chinoly1)indenyl]chrom-KCl (318 mmol $\hat{=}$ 60 μmol Cr pro g Träger) und 85,7 mg Bis(n-Butylcyclopentadienyl)zirkondichlorid (212 mmol $\hat{=}$ 40 μmol Cr pro g Träger) eingewogen. Dazu wurden 63,6 mmol MAO (13,4 ml 4,75 M in Toluol = 30 Gew.-%) gegeben und 30 Minuten bei Raumtemperatur gerührt (Al:Cr = 120:1)

Diese Lösung wurde nun in ca. 10 Min. gleichmäßig unter langsamen Rühren über den Tropftrichter zum Träger eindosiert. Mittels eines Teflonschlauches wurde die Lsg. dabei direkt auf den Träger getropft. Es wurde 1 h bei Raumtemperatur nachgerührt und anschließend weitere 2 h bei Raumtemperatur stehen gelassen.

Dann wurde unter Vakuum das Lösungsmittel entfernt. Man erhielt 9,2 g des geträgerten Katalysators

Beispiele 69-81

Die Polymerisationen wurden in einem 10l-Rührautoklaven durchgeführt. Unter Stickstoff wurde bei Raumtemperatur Putzalkyl gemäß Tabelle 5 in den Autoklaven gegeben, dann wurden 4 l Isobutan

39

einkondensiert. Danach wurde unter Rühren auf 70°C erwärmt und anschließend die in Tabelle 5 angegebene Einwaage des geträgerten Katalysators mit einem Ethylenüberdruck eingepresst. Dann wurde der Reaktordruck mit Ethylen auf einen Enddruck von 40 bar erhöht und die Polymerisation 60 Minuten weitergeführt (mit Ausnahme von Beispiel 73, das 90 min weitergeführt wurde).

Die Reaktion wurde durch Entspannen des Reaktors beendet und die Produkte ausgetragen. In der Tabelle 5 sind die Polymerisations- bzw. Produktdaten zusammengefasst.

15

20

25

30

35

40

45

Tabelle 5

Bsp.	Kat. (Bsp.)	Einwaage [mg]	Ausbeute [g PE]	Aktivität [kg PE/ molCr]	n [dl/g]	Dichte [g/cm ³]	Putzalkyl ^{b)} [mg]
69	65	637	500	780	16,68	0,9346	200 Tibal
70	65	631	500	790	13,18	0,9363	200 ATE
71	65	640	580	900	19,29	0,9343	50 Dealox
72	65	513	550	1100	15,45	0,9354	50 Buli
73	65	592	850	1400	15,83	0,9358	80 Buli
74	65	680	550	800	21,88	0,9348	100 DEAC
75	65	600	600	1000	16,65	0,9365	80 TEB
76	65	670	800	1200	16,8	0,9367	130 Bomag
77	66	586	500	900	42,14	0,927	80 Buli
78	66	650	750	1200	52,97	0,9265	130 Bomag
79	67	833	900	1100	48,74	0,9261	80 Buli
80	68	140	1200	8600 ^{a)}	7,68	0,9495	80 Buli
81	68	135	1100	8100 ^{a)}	5,84	0,9466	130 Bomag

a) hier bezieht sich die Aktivität auf kg PE/mol (Cr+Zr)

b) Tibal (Triisobutylaluminium), ATE (Aluminiumtriethyl), Dealox (Tetraethyldialuminiumoxan), Buli (Buthyllithium), DEAL (Diethylaluminiumchlorid), TEB (Triethylboran), Bomag (Buthyloctylmagnesium)

Beispiel 82

4,2 mg Dichloro-[1-(8-chinoly1)idenyl]chrom (11,5 μmol) und 7,1 mg
5 [1,3,5-Tri 5/2-Ethylhexyl)-1,3,5-triazacyclohexan]chromtrichlorid
(darstellbar analog zu Köhn et. al, Angew. Chem. Int. d. Engl.
1994, 33, Seite 1877-1878) wurden in 250 ml Toluol gelöst. Es
wurde auf 40°C erwärmt und 3,4 ml MAO (15,4 mmol; 4,75 M in
Toluol) zugegeben (Al:Cr = 650:1).

10

In diese Lösung wurde bei 40°C ein Ethylenstrom durchgeleitet.
Nach 15 Min wurde die Polymerisation abgebrochen. Man erhielt
10,4 g Polymer und 2,97 g einer C₆ bis >C₂₀ flüssigen Fraktion.
Das Polymer hatten eine Dichte von 0,9212 g/cm³ und eine Viskosi-

15 tät von 10,8 dl/g.

20

25

30

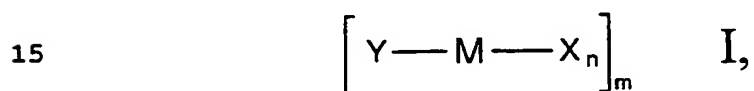
35

40

45

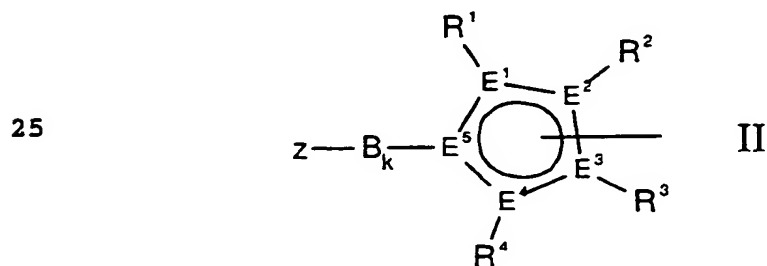
Patentansprüche

1. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluoren-
 5 renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän oder Wolfram, wobei mindestens einer der Substituenten am Cyclopentadienylring eine rigide, nicht nur ausschließlich über sp^3 hybridisierte Kohlenstoff- oder Silizium-Atome gebundene Donorfunktion trägt.
2. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluoren-
 10 renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 1, der allgemeinen Formel I



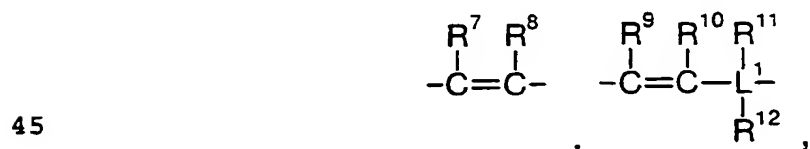
worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

- 20 M Chrom, Molybdän oder Wolfram
 Y durch folgende allgemeine Formel II



30 beschrieben ist, worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

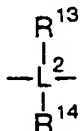
- 35 E1-E5 Kohlenstoff oder maximal ein E1 bis E5 Phosphor oder Stickstoff,
 Z NR^5R^6 , PR^5R^6 , OR^5 , SR^5 oder ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem,
 40 B eine der folgenden Gruppen:



43

und zusätzlich, falls Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist, auch

5



sein kann, wobei

10

L¹, L²

k

Silizium oder Kohlenstoff bedeutet,

1, wenn Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist auch 0,

15

X

unabhängig voneinander Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C₁-C₁₀-Alkyl, C₂-C₁₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1-10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR¹⁵R¹⁶, OR¹⁵, SR¹⁵, SO₃R¹⁵, OC(O)R¹⁵, CN, SCN, β-Diketonat, CO, BF₄⁻, PF₆⁻, oder sperrige nichtkoordinierende Anionen,

20

R¹-R¹⁶

unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, SiR¹⁷₃, wobei die organischen Reste R¹-R¹⁶ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R¹-R¹⁶ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

25

R¹⁷

unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R¹⁷ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

30

n

1, 2 oder 3,

35

m

1, 2 oder 3.

3. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe von Chrom nach den Ansprüchen 1 bis 2.

40

4. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 2, worin Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem ist.

45

5. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluoren-
renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 2,
worin $E^1E^2E^3E^4E^5$ zusammen mit $R^1R^2R^3R^4$ ein unsubstituiertes
oder substituiertes Indenyl ist.

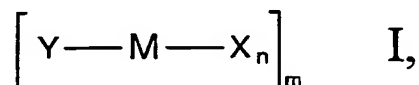
5

6. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluoren-
renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 5,
worin $E^1E^2E^3E^4E^5$ zusammen mit R^1R^2 ein Indenyl ist.

10 7. Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Monofluoren-
renyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 6,
worin Z ein unsubstituiertes oder substituiertes 8-(Chino-
lyl)System und k gleich 0 ist.

15 8. Verfahren zur Polymerisation oder Copolymerisation von
Olefinen, in dem man Olefine in Anwesenheit von folgenden
Komponenten polymerisiert:

20 (A) Substituierte Monocyclopentadienyl-, Monoindenyl-, Mono-
fluorenyl- oder Heterocyclopentadienylkomplexe nach An-
spruch 1, der allgemeinen Formel I

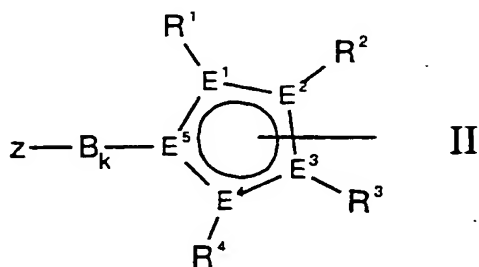


25

worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

M Chrom, Molybdän oder Wolfram
Y durch folgende allgemeine Formel II

30



35

beschrieben ist, worin die Variablen folgende Bedeutung be-
sitzen:

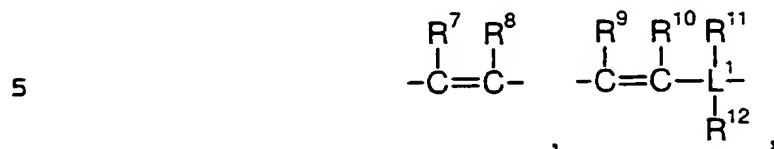
40

E^1-E^5 Kohlenstoff oder maximal ein E^1 bis E^5 Phosphor oder
Stickstoff,
Z NR^5R^6 , PR^5R^6 , OR^5 , SR^5 oder ein unsubstituiertes, sub-
stituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättig-
tes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ring-
system,

45

45

B eine der folgenden Gruppen:



10 und zusätzlich, falls Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist, auch



sein kann, wobei

L¹, L² Silizium oder Kohlenstoff bedeutet,

20 k 1, wenn Z ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, partiell ungesättigtes heterocyclisches oder heteroaromatisches Ringsystem ist auch 0,

25 x unabhängig voneinander Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C₁-C₁₀-Alkyl, C₂-C₁₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1-10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR¹⁵R¹⁶, OR¹⁵, SR¹⁵, SO₃R¹⁵, OC(O)R¹⁵, CN, SCN, β-Diketonat, CO, BF₄-, PF₆-, oder sperrige nichtkoordinierende Anionen,

30 R¹-R¹⁶ unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, SiR¹⁷₃, wobei die organischen Reste R¹-R¹⁶ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R¹-R¹⁶ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

35 R¹⁷ unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R¹⁷ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

40 n 1, 2 oder 3,

m 1, 2 oder 3,

45 (B) optional einer oder mehreren Aktivatorverbindungen,

und

(C) optional einem oder mehreren zusätzlichen für die Polymerisation von Olefinen üblichen Katalysatoren.

5

9. Verfahren nach den Anspruch 8, worin man als Aktivatorverbindung (B) eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe Alumin-oxan, Dimethylaniliniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat, Tri-tyltetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Trispentafluorophenyl-boran verwendet.

10

10. Verfahren nach Anspruch 8, worin mindestens ein Olefin ausgewählt aus der Gruppe Ethen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen oder 1-Decen polymerisiert wird.

15

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Olefin ausgewählt aus der Gruppe Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten oder 1-Octen polymerisiert wird.

20

12. Verfahren nach Anspruch 8, worin die Polymerisation in Suspension, in Lösung oder in der Gasphase erfolgt.

13. Polymerisate von Olefinen, erhältlich nach dem Verfahren gemäß Anspruch 8.

25

14. Fasern, Folien und Formkörper, enthaltend Polymerisate von Olefinen gemäß Anspruch 13 als wesentliche Komponente.

30

35

40

45

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 00/07442

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C07F17/00 C08F10/02 C08F10/00 C08F4/60 B01J31/22		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C07F C08F B01J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) CHEM ABS Data, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 742 046 A (HOECHST AG) 13 November 1996 (1996-11-13) cited in the application page 5 -page 7	1,2,8, 12-14
X	MISE, TAKAYA ET AL: "Preparation and structure of the first ansa-molybdenocene and tungstenocene derivatives. Reaction of 'O(SiMe2C5H4)2!MoH2 with methyl methacrylate to probe the olefin attacking site" J. ORGANOMET. CHEM., vol. 473, no. 1-2, 1994, pages 155-162, XP002150579 page 156	1
--- -/--		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center; font-weight: bold;">20 October 2000</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center; font-weight: bold;">07/11/2000</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Bader, K</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 00/07442

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	<p>DOEHRING, A. ET AL: "Donor-Ligand-Substituted Cyclopentadienylchromium(III) Complexes: A New Class of Alkene Polymerization Catalyst. 1. Amino-Substituted Systems" ORGANOMETALLICS, vol. 19, no. 4, 2000, pages 388-402, XP002150580 page 391</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/07442

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0742046 A	13-11-1996	DE 19516801 A	14-11-1996
		BR 9602180 A	07-04-1998
		CA 2175968 A	09-11-1996
		JP 8301890 A	19-11-1996
		US 5808122 A	15-09-1998

INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/07442

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C07F17/00 C08F10/02 C08F10/00 C08F4/60 B01J31/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C07F C08F B01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

CHEM ABS Data, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 742 046 A (HOECHST AG) 13. November 1996 (1996-11-13) in der Anmeldung erwähnt Seite 5 -Seite 7	1,2,8, 12-14
X	MISE, TAKAYA ET AL: "Preparation and structure of the first ansa-molybdenocene and tungstenocene derivatives. Reaction of 'O(SiMe2C5H4)2!MoH2 with methyl methacrylate to probe the olefin attacking site" J. ORGANOMET. CHEM., Bd. 473, Nr. 1-2, 1994, Seiten 155-162, XP002150579 Seite 156	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Oktober 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bader, K

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	<p>DOEHRING, A. ET AL: "Donor-Ligand-Substituted Cyclopentadienylchromium(III) Complexes: A New Class of Alkene Polymerization Catalyst. 1. Amino-Substituted Systems" ORGANOMETALLICS, Bd. 19, Nr. 4, 2000, Seiten 388-402, XP002150580 Seite 391</p>	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die derselben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/EP 00/07442

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0742046 A	13-11-1996	DE 19516801 A	14-11-1996
		BR 9602180 A	07-04-1998
		CA 2175968 A	09-11-1996
		JP 8301890 A	19-11-1996
		US 5808122 A	15-09-1998

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

7

Applicant's or agent's file reference 0050/050544	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/07442	International filing date (day/month/year) 01 August 2000 (01.08.00)	Priority date (day/month/year) 13 August 1999 (13.08.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C07F 17/00		
Applicant BASELL POLYOLEFINE GMBH		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>2</u> sheets.</p>
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>

Date of submission of the demand 08 January 2001 (08.01.01)	Date of completion of this report 16 November 2001 (16.11.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-41, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages _____, filed with the letter of _____,
pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. 2 (Teil), 3-7, 8 (Teil), as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. _____, filed with the letter of _____,
Nos. 1,2 (Teil), 8 (Teil), 9-12, filed with the letter of 12 September 2001 (12.09.2001).
- ☐ the drawings, sheets/fig _____, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/07442

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-12	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-12	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-12	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

The following international search report citations are considered relevant in the examination of the present application. The same numbering will be used throughout the proceedings:

D1: EP-A-0 742 046 (HOECHST AG) 13 November 1996

(1996-11-13), mentioned in the application

D2: J. ORGANOMET. CHEM., Vol. 473, No. 1-2, 1994, pages 155-162

D3: ORGANOMETALLICS, Vol. 19, No. 4, 2000, pages 388-402.

I. Novelty

I.1 Document D1 discloses organometal complexes of chromium, molybdenum or wolfram which, as a ligand, carry a cyclopentadienyl group bridged with a donor function, wherein the donor function can be another cyclopentadienyl group or another anionic electron donor such as an oxo- (O), phosphido- (PR), sulfido- (S) or amido group (NR).

Document D2 discloses bridged bi(cyclopentadienyl) derivatives of molybdenum and wolfram, wherein the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

bridging between the two cyclopentadienyl rings consists in a 1,1,3,3-tetramethyl disiloxane-1,3-diyl group ($-\text{Me}_2\text{Si}-\text{O}-\text{SiMe}_2$).

The subject matter of the present application as per Claims 1-7 differs from all these compounds in that the monocyclopentadienyl complexes as per the invention have a rigid bridging between a cyclopentadienyl group and a donor function which is a neutral functional group, containing an element of the 15th or 16th group of the periodic table. **The subject matter of Claims 1-7 is therefore novel over D1 and D2.**

Consequently, the method for the polymerisation or copolymerisation of olefins by using the compounds as per Claim 1 of the invention is also considered novel. **The subject matter of Claims 8-12 can therefore also be considered novel over the content of D1 and D2.**

- I.2 Since document D3 was published after the priority date (13 August 1999) of the present application (21 January 2000), it is not considered prior art under PCT Rule 64.1.

During any possible regional proceedings, D3 would not be considered prior art within the meaning of EPC Article 54(2) and (3), since the claimed priority right of the present application is deemed valid.

- I.3 In conclusion, the new Claims 1-12 meet the requirements of PCT Article 33(2).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

II. Inventive step

Document D1, which is considered the closest prior art, discloses cyclopentadienyl complexes of chromium, molybdenum or wolfram, wherein the ligand contains a donor function which is bridged with a cyclopentadienyl ring and consists of a second cyclopentadienyl group or another electron donor such as an oxo- (O), phosphido- (PR), sulfido- (S) or amido group (NR).

The problem addressed by the application can therefore be considered that of providing new and efficient catalyst systems for the polymerisation of olefins.

The solution proposed in the application for solving the aforementioned problem consists in producing monocyclopentadienyl complexes from chromium, molybdenum and wolfram, wherein the ligands have a rigid bridging between a cyclopentadienyl group and a neutral donor function.

Since none of the prior art documents suggests this solution, the subject matter of Claims 1-12 involves an inventive step and therefore meets the requirements of PCT Article 33(3).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/07442

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. When entering into the regional phase, document D2 should be mentioned in the description and briefly discussed (EPC Rule 27(1b)).

THIS PAGE BLANK (USPTO)